

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

# Bakalářská práce

2013

Aleš Maršálek

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra mechanické technologie

# **Návrh svarových spojů tlakového celku** **Design of Welded Joints the Pressure Unit**

Vedoucí bakalářské práce:  
Student:

Doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
Aleš Maršálek

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra mechanické technologie

## Zadání bakalářské práce

Student: **Aleš Maršálek**  
Studijní program: **B2341 Strojírenství**  
Studijní obor: **2303R002 Strojírenská technologie**  
Téma: **Návrh svarových spojů tlakového celku**  
**Design of Welded Joints the Pressure Unit**

Zásady pro vypracování:

1. Posouzení současného stavu.
2. Návrh svarových spojů tlakového celku.
3. Volba parametrů svařování jednotlivých svarových spojů.
4. Návrh zkoušek svarových spojů s ohledem na schválení postupů svařování WPS a WPQR.
5. Návrh jednotlivých kroků výroby tlakového celku.

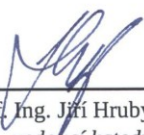
Seznam doporučené odborné literatury:

KOUKAL, J., SCHWARZ, D., HAJDÍK, J. *Materiály a jejich svařitelnost*. (Učební texty pro kurzy IWE/IWT). Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2009, 241 s. ISBN 978-80-248-2025-5.  
HLAVATÝ, I. *Teorie a technologie svařování*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2009, poslední revize 20. 10. 2011. Dostupné z: < <http://fs1.vsb.cz/~hla80> >. ISBN 978-80-248-2414-7.  
HRIVNÁK, I. *Zváranie a zvariteľnosť materiálov*. Bratislava: Veda, 2009, 486 s. ISBN 97-880-2273-167-6.  
PTÁČEK, L. A KOL. *Nauka o materiálu I.*. Praha: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. 2001, 505 s. ISBN 80-7204-193-2.  
PTÁČEK, L. A KOL. *Nauka o materiálu II.*. Praha: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2001, 350 s. ISBN 80-7204-130-4.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012  
Datum odevzdání: 20.05.2013

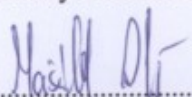
  
prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.  
vedoucí katedry



  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci, včetně příloh, vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.


V Ostravě .....17.5.2013.....

.....  
Aleš Maršálek

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen, s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce.
- souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby.

V Ostravě: 17.5.2013

  
.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Aleš Maršálek

Adresa trvalého pobytu autora práce: Palackého 1513, 753 01 Hranice

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

MARŠÁLEK, A. *Návrh svarových spojů tlakového celku: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2013. Vedoucí práce: Hlavatý, I.

Cílem této bakalářské práce je návrh svarových spojů tlakového celku, které budou aplikované ve strojovně Úpravny vody v Kroměříži. Materiál použitý na tlakový celek je austenitická vysokolegovaná ocel 1.4404 a 1.4571. Části celku budou zhotoveny ve firmě Strojírny a opravy Milenov s r.o. a vlastní realizace bude provedena montážní skupinou firmy Kunst s r.o. přímo na úpravně. Náplní této bakalářské práce je posouzení, porovnání a následné zhodnocení jednotlivých metod svařování, včetně volby parametrů svařování a přídavného materiálu. Cílem práce je návrh svarových spojů a postupů svařování (WPS) tlakového celku úpravny vody.

## **ANNOTATION OF BACHELOR WORK**

MARŠÁLEK, A. *Design of Welded Joints the pressure Unit: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2013. Thesis head: Hlavatý, I.

The aim of this Bachelors thesis is the design of welded joints pressure unit, which will be applied in the engine room of the water treatment plant in Kromeriz. The material used on the pressure unit is austenitic high-alloy steel 1.4404 and 1.4571. Parts of the unit will be built at the company Machinery and repair Milenov Ltd. and the implementation will be done by assembling group of Kunst Ltd. directly to the treatment plant. The purpose of this essay is the assessment, comparison and subsequent evaluation of welding, including the choice of parameters and welding filler material. The aim of the thesis is the design of welded joints and welding procedures (WPS) in pressure unit of the water treatment plant.

# Obsah

<b>Seznam použitých značek a symbolů .....</b>	<b>7</b>
<b>Úvod.....</b>	<b>8</b>
<b>1 Oceli a jejich svařitelnost .....</b>	<b>9</b>
1.1 Charakteristika oceli .....	9
1.2 Austenitické vysokolegované oceli .....	10
1.3 Typy austenitických vysokolegovaných ocelí .....	11
1.3.1 Nerezová ocel 1.4404 .....	12
1.3.2 Nerezová ocel 1.4571 .....	13
1.4 Svařitelnost austenitických vysokolegovaných ocelí .....	14
1.4.1 Svařování Wolframovou elektrodou v interním plynu .....	15
1.4.2 Svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu.....	17
1.5 Přídavné materiály .....	19
1.6 Svařovací stroje .....	23
1.6.1 Svařovací automat BKM 10x10 T .....	23
1.6.2 Svařovací stroj Fronius Transtig 1700 .....	26
1.7 Ochranné plyny .....	29
<b>2 Zkoušky svarových spojů .....</b>	<b>30</b>
2.1 Destruktivní zkoušky.....	30
2.2 Nedestruktivní zkoušky .....	32
<b>3 Příprava a postup svařování metodou 135 a 141.....</b>	<b>36</b>
3.1 Postup svařování metodou 135 .....	36
3.2 Vlastní postup svařování metodou 141 .....	40
<b>Závěr .....</b>	<b>46</b>
<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>48</b>
<b>Seznam příloh .....</b>	<b>49</b>

## Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Název	Jednotka
Al	Hliník	
Ar	Argon	
B	Bor	
C	Uhlík	
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý	
Cr	Chrom	
ČSN	Česká státní norma	
DC	Stejnoseměrný proud	
EN	Evropská norma	
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci	
MAG	Metal Aktiv Gas	
Mg	Hořčík	
MIG	Metal Inert Gas	
Mo	Molybden	
N	Dusík	
Nb	Niob	
Ni	Nikl	
P	Fosfor	
R	Poloměr zaoblení	[mm]
R <sub>m</sub>	Mez pevnosti	MPa
R <sub>p</sub>	Mez kluzu	MPa
Si	Křemík	
t	Teplota	°C
Ti	Titan	
TIG	Tungsten Inert Gas	
TOO	Tepelně ovlivněná oblast	
V	Vanad	
W	Wolfram	
WIG	Wolfram Inert Gas	
WPS	Technologický postup svařování	
Φ	Průměr	[mm]



## Úvod

V současné době je ve vodohospodářských technologických celcích kladen stále větší důraz na kvalitu svařovaných součástí, na svařování potrubních tras jakož i svařování tlakových celků. Nejnáročnější požadavky jsou pak kladeny na úpravny vod. Tyto vysoké nároky se vztahují především na odborně vykonanou práci, a proto jsou kontroly, zejména na úpravnách nezbytné.

Dalším neopomenutelným kritériem je správná volba materiálů. Z 80% projektanti volí austenitické oceli, materiál 1.4301; 1.4404; 1.4571. Zbýlých 20% tvoří uhlíkové oceli řady S235, S355 a plasty. Ohlédneme-li se však do minulosti, o dvacet a více let zpátky, zjistíme, že všechny vodohospodářské technologické celky (armatury, potrubí, aj.) byly vyráběny a montovány z uhlíkových ocelí tř.11 (současné značení S235, S355, P355 apod.).

V této bakalářské práci bude řešena problematika svařování materiálu 1.4404 a 1.4571. V této práci použiju následující metody svařování:

1. Obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu; MAG-metoda 135
2. Obloukové Svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu; WIG, TIG svařování- metoda 141

Dále budou vytvořeny vlastní návrhy „Specifikace svařovacího postupu- WPS (Welding procedure specification)“ [3], jejíž požadavky určuje norma ČSN EN ISO 15614-1 2005. Na základě požadavků zákazníka budou použity dvě nedestruktivní metody:

1. Vizuální VT
2. Radiologická RT

a jedna destruktivní zkouška: zkouška lámavosti

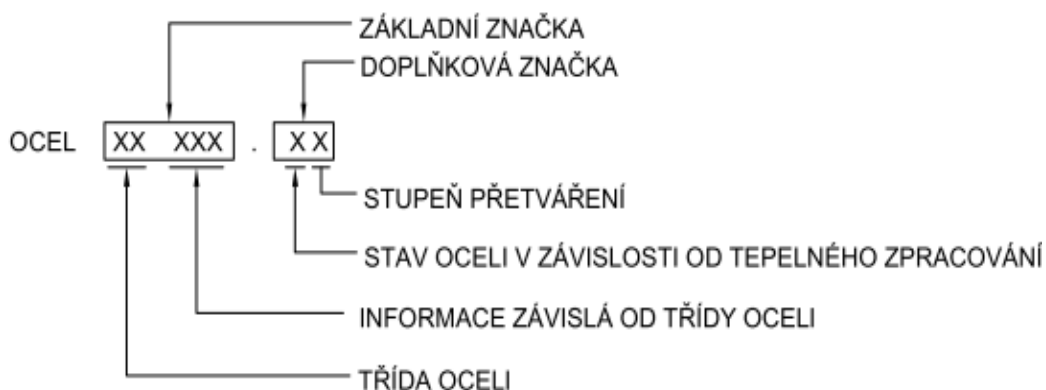


# 1 Oceli a jejich svařitelnost

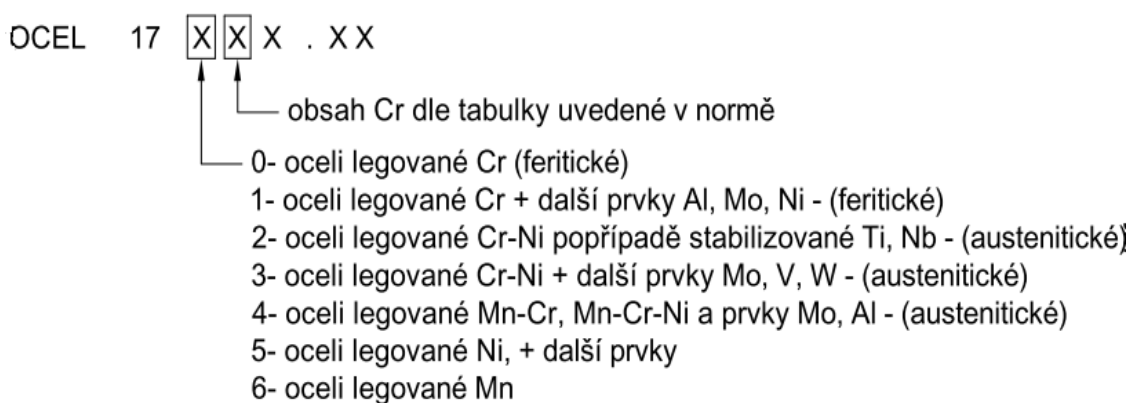
## 1.1 Charakteristika oceli

Ocel je díky chemickým, fyzikálním, mechanickým a technologickým vlastnostem důležitým druhem technického železa. Definice dle ČSN EN 10020 zní: „ocel je soustava prvků, u které hmotnostní podíl železa je větší než u kteréhokoliv jiného prvku a která všeobecně vykazuje méně než 2 hm% uhlíku, přičemž obsahuje i jiné prvky“.[3]

Jednotlivé oceli jsou rozděleny do skupin podle chemického složení a mechanických vlastností. Protože se na výměnách tlakových celků stále vyskytují původní materiály, uvádím oba typy značení základních materiálů, původní i současné. Označování ocelí dříve dle ČSN 420002 se skládá ze základní pětimístné číselné značky a z dvoumístného doplňkového čísla, které je odděleno tečkou. Současné značení je uvedeno v tab. 1 dle [3,14].



Obr. 1 Způsob značení ocelí dle ČSN 420 002



Obr. 2 Způsob označování vysokolegovaných ocelí dle ČSN 420 002

Tab. 1 Označování oceli dle uvedených norem [3]

Označení ocelí dle ČSN EN 10027-1, ČSN EN 10027-1, ČSN CR 10260, ČSN EN 10027-2		
ČSN 42 0002	ČSN EN 10027-1 a ČSN CR 10260	ČSN EN 10027-2
11 373	(EN) S 235JRG3	1.0036
12 020	(CR) C 15E	1.1141
14 220	(CR) 16 MnCr5	1.7131
15 020	(CR) 16 Mo3	1.5415
16 224	(EN) S690QI	1.8928
17 022	CR X20Cr13	1.4021
17 240	CR X5CrNi18-10	1.4301
17 246	CR X10CrNiTi18-10	1.6903
17 348	CR X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571

## 1.2 Austenitické vysokolegované oceli

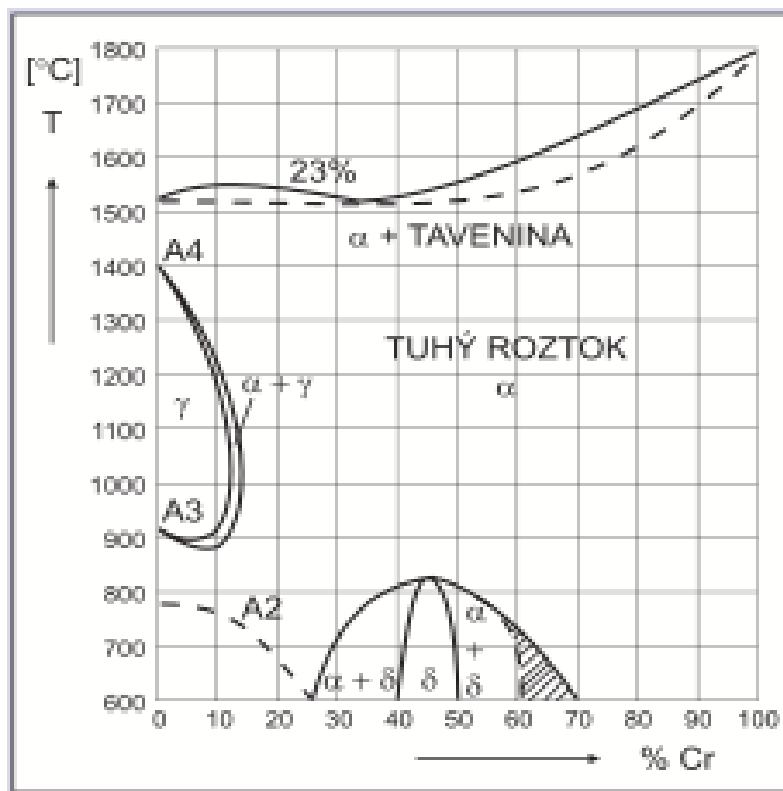
Základním prvkem ve vysokolegovaných ocelích je chrom. Tyto oceli jsou schopné pasivace, která jim dává odolnost proti elektrochemické korozi v oxidačním prostředí. Podmínkou je, aby obsah chromu byl větší než 11,5 %. U těchto vysokolegovaných ocelí může vznikat mezikrystalická koroze a to vlivem svařování v tepelně ovlivněné oblasti [14].

Austenitické vysokolegované oceli se řadí dle ČSN do třídy 17 (dle tab. 1). Vysokolegované oceli patří do skupiny ocelí s obsahem legujících prvků vyšším než 10 hm% legujících prvků. Jsou to oceli korozivzdorné, které odolávají elektrochemické korozi v oxidačním prostředí [5].

Tyto austenitické vysokolegované oceli mají žáruvzdorné vlastnosti, které jsou zajištěny legurami V, Mo, Cr, W, Nb, Ti, N a B. Legury zpomalují degradaci mechanických vlastností při zvýšených teplotách [1]. Austenitické vysokolegované oceli se od nízkolegovaných liší tím, že mají horší tepelnou vodivost a vyšší koeficient tepelné roztažnosti [10].

Vysokolegované oceli se podle obsahu hlavních legur, dle normy EN 10088 dělí na:

1. Feritické chromové oceli
2. Martenzitické oceli
3. Austenitické Cr-Ni, či Cr-Ni-Mo oceli
4. Austeniticko-feritické Cr-Ni, nebo Cr-Ni-Mo oceli. [5]



Obr. 3 Rovnovázný diagram železo – chrom [5]

### 1.3 Typy austenitických vysokolegovaných ocelí

V rámci austenitických vysokolegovaných ocelí rozlišujeme několik druhů těchto ocelí. Tato práce bude však obsahovat dva typy ocelí a to:

1. Nerezová ocel 1.4404
2. Nerezová ocel 1.4571

### 1.3.1 Nerezová ocel 1.4404

Nerezová ocel 1.4404 je austenitická chromniklmolybdenová ocel s velmi nízkým obsahem uhlíku, dle ČSN 10088-1 (X2CrNiMo 17-12-2), starším označením: AISI 316L, ČSN 17 349. Odolná mezikrystalické korozi a důlkové korozi s velice dobrou svařitelností. Ocel je vhodná pro neoxidační prostředí obsahující silné organické a anorganické kyseliny při nižších koncentracích až do středních teplot. Lze leštit do vysokého lesku [7]. Použití nachází především v potravinářství, v chemickém průmyslu a v průmyslu jako takovém, uplatňuje se zde na různá zařízení s chemickým namáháním či zařízení odolávající mořské vodě aj.

Tab. 2 Chemické složení ocelí 1.4404 [9]

Chemické složení v %	
C	< 0,03
Si	< 1
Mn	< 2
P	< 0,045
Si	< 0,030
Cr	16,5 - 18,5
Mo	2 - 2,5
Ni	11- 14

**Vliv legujících prvků na vlastnosti austenitických ocelí jsou následující:**

- **Chrom (Cr)** je nutnou přísadou pro zajištění proti oxidaci. S rostoucím obsahem se zvyšuje korozní odolnost v oxidačních prostředích.
- **Křemík (Si)** vyvolává praskavost svarů a zvyšuje odolnost proti korozi v kyselině dusičné.
- **Mangan (Mn)** je to ausenitotvorný prvek, kterým lze nahradit dražší nikl. Zhoršuje obrobiteľnosť.
- **Fosfor (P)** snižuje korozivzdornost, ale zároveň zvyšuje obrobiteľnosť.
- **Molybden (Mo)** zvyšuje odolnost proti korozi ve všech možných prostředích, krom roztoků kyseliny dusičné. Dále zvyšuje žárovečnosť.
- **Nikl (Ni)** stabilizuje austenit za normálných teplot a zvyšuje korozní odolnost. [14]

Tab. 3. Mechanické vlastnosti ocelí 1.4404 [9]

Pevnost v tahu Rm	520-680 N/mm <sup>2</sup>
Mez průtažnosti (kluzu) Rp	0,2 min. 220N/mm <sup>2</sup>
Tažnost	A 80 mm min. 40%
Žíhací teplot	1000 - 1100 °C
Nemagnetická	
Nekalitelná	
Se stoupající teplotou klesají hodnoty Rm a Rp	

### 1.3.2 Nerezová ocel 1.4571

Nerezová ocel 1.4571 je rovněž austenitická, chromniklmolybdenová, stabilizovaná ocel. Značení dle ČSN – EN 10088 - 1 ( X6CrNiMoTi 17-12-2 ), starší označení AISI 316Ti, ČSN 17 348. Jedná se o kyselo-vzdornou ocel, která je stabilizovaná titanem. Proto nejde vyleštit do vysokého lesku. Je odolná vůči mezikrystalické korozi v oblasti tepelného ovlivnění. Díky těmto vlastnostem se hojně používá v chemickém průmyslu [7]. Další využití nachází v místech, kde se vyskytuje velké procento chloridů, což je právě na střediscích úpraven vody.

Tab. 4 Chemické složení ocelí 1.4571 [9]

Chemické složení v %	
C	< 0,08
Ti	0,4-0,7
Cr	16,5-18,5
Mo	2-2,5
Ni	10,5-13,5

Tab. 5 Mechanické vlastnosti ocelí 1.4571 [9]

Pevnost v tahu Rm	520-690 N/mm <sup>2</sup>
Mez průtažnosti (kluzu) Rp	0,2 min. 220N/mm <sup>2</sup>
Tažnost	A 80 mm min. 40%
Žíhací teplot	1000 - 1100 °C
Nemagnetická	
Nekalitelná	
Může se vyskytovat martenzit, z vysokých teplot, který způsobuje částečnou magnetoválnou. Tyto změny nemají vliv na korozní odolnost proti materiálu.	

## 1.4 Svařitelnost austenitických vysokolegovaných ocelí

Oba materiály, jak 1.4571, tak i materiál 1.4404 se svařují bez přehřevu, s cílem vyloučit vznik trhlin za horka TOO (tepelně ovlivněné oblasti) a ve svarovém kovu. Svařuje se za pomoci přídatných materiálů totožného chemického složení. Tyto oceli odolávají teplotám 400 °C. [3].

Korozivzdorné oceli se svařují malým tepelným příkonem. V případech, kdy svarový spoj pracuje za nižších teplot než 400 °C, je pro svařování možno použít austenitický přídatný materiál s vyšší plasticitou ve svarovém kovu. Zmenší se tak možnosti vzniku trhlin (prasklin) za studena [11].

Významným aspektem pro korozní odolnost vysokolegovaných svarových spojů je výběr přídatných materiálů, stanovení vhodných svařovacích parametrů a výběr vhodného ochranného plynu [13].

„Trhliny vznikají v důsledku tahové napjatosti při výskytu nízkotavitelných eutektických směsí fází v dendritických oblastech svarového kovu a po hranicích zrn v TOO. Svařuje se velmi malým vneseným teplem – minimálním tepelným příkonem, tj do hodnoty 1,5 kJ.mm<sup>-1</sup>. Interpass teplota by neměla přesáhnout 150 °C a poměr mezi šířkou a hloubkou svarové lázně má být nejvýše 1,5“ [11].

Náchylnost k trhlinám za horka korozivzdorných austenitických ocelí lze kontrolovat podle rovnice (1) [2].:

$$\Delta H = -700.C + 17.Cr - 37.Ni + 29.Mo + 188$$

Je-li  $\Delta H \leq 100$  je ocel náchylná k tvorbě trhlin za horka [2].

Následným účinkem korozního prostředí dochází v ochuzených místech o chrom k intenzivní mezikrystalové korozi. Obdobný je při svařování u nestabilizovaných austenitických ocelí vznik ochuzených pásem v oblastech svarového spoje ohřátých na teploty 450 až 850 °C a dále vystavených účinkům korozního prostředí [11].



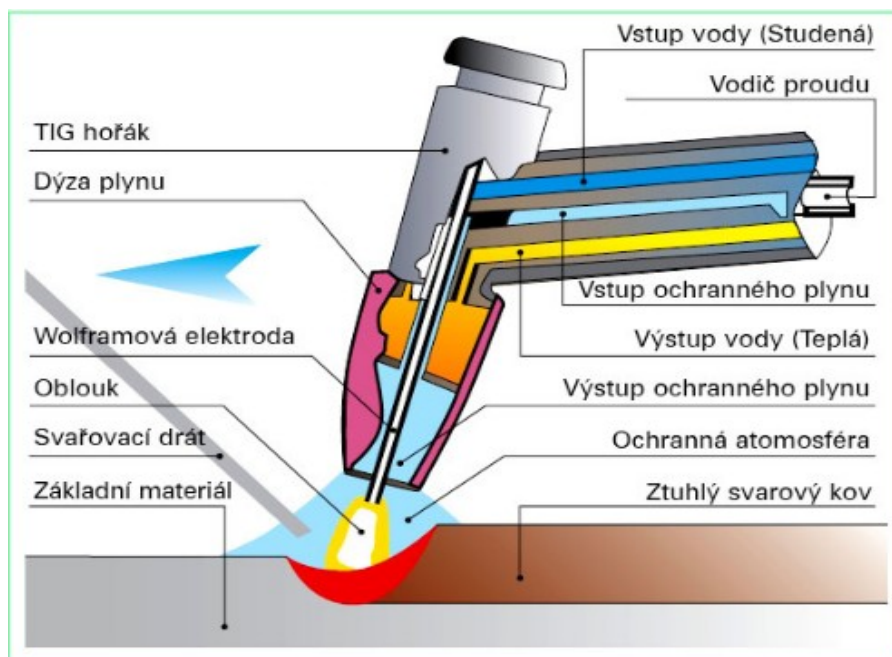
Dalším problémem, který může vzniknout je, že při svařování austenitických ocelí je jejich náchylnost na vznik karbidických fází v TOO, kde může rovněž dojít v procesu svařování k mikrosegregaci fosforu a síry podél dendritů a hranic zrn. [11]

#### 1.4.1 Svařování Wolframovou elektrodou v interním plynu

**Svařování austenitických vysocelegovaných ocelí metodou obloukového svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu WIG (TIG).** Číselné označení této metody je 141.

Při této metodě svařování hoří oblouk mezi netavící se elektrodou a základním materiálem. Ochranu tavné lázně a wolframové elektrody zajišťuje netečný plyn argon, helium, nebo jejich směs [4].

Svařuje se za pomoci přídavných drátů podávaných ručním způsobem. Existují také výjimky, kdy se svařuje touto metodou bez přídavného materiálu a to tak, že se nataví a následně kyvným pohybem do stran rozlévá přímo základní materiál. Svařování WIG nám zajišťuje vysoce čisté a kvalitní svary.

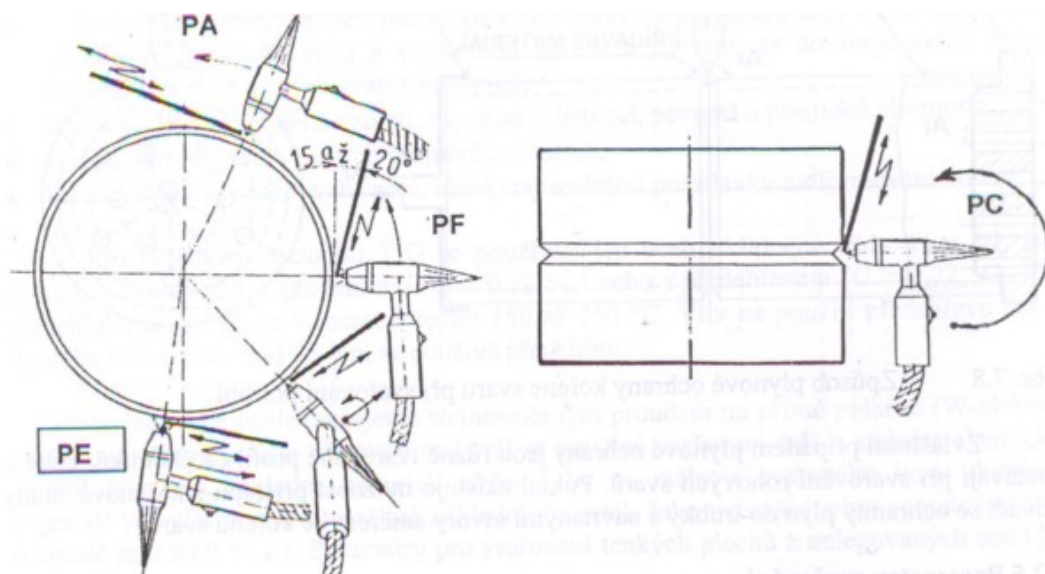


Obr. 4 Princip svařování metodou WIG [4]

Svařování 141 lze obecně rozdělit do dvou skupin:

1. Svařování střídavým proudem (Al, Mg)
2. Svařování stejnosměrným proudem ( vysokolegovaná ocel, titan, měď, molybden)

Svařování vysokolegovaných austenitických ocelí se provádí stejnosměrným proudem s přímou polaritou, tzn. že elektroda je zapojena na záporný pól zdroje. Metoda WIG se používá ve vodohospodářství a energetice. V těchto odvětvích jsou rozšířeny, právě z důvodu výstavby nových nebo rekonstruovaných objektů, co se týče montážních prací. Tato metoda má tu výhodu, že svařování lze provádět v mnoha polohách svařování PA, PF, PE. Pokud je pracovník - svářeč řádně proškolen a má příslušné oprávnění, může svařovat v polohách HL-045, JL-045 viz obr. 5.



Obr. 5 Poloha hořáku a přídavného materiálu <sup>[3]</sup>

U svařování metodou WIG musí být **tzv. postup svařování vpřed**. Přídavný materiál se pohybuje před hořákem (ze strany pravé směrem ke straně levé), přičemž základní materiál se natavuje a přídavný materiál v podobě svařovacího drátu se odtavuje. Svařovací hořák u tupých svárů BW je veden pod úhlem 80-90° a přídavný materiál pod úhlem 10-15 ° [3]. Oba úhly jsou myšleny vzhledem k základnímu materiálu.

Pokud je zvolena ke svařování vysokolegované austenitické oceli metoda WIG, je nezbytné učinit následující kroky:

- připravit svarovou plochu (udržet vysokou čistotu), je také vyžadováno přesné stehování
- je-li potřeba, použít vhodné přípravky
- používat stejnosměrný svařovací proud se zapojením na přímou polaritu (wolframová elektroda na minusový pól svařovacího zdroje)
- používat argon jako ochranný plyn o vysoké čistotě, minimálně 99,95 %
- zajistit ochranu svaru ze strany kořene svaru
- ochlazovat na interpass teplotu  $T_{\max}=150\text{ }^{\circ}\text{C}$
- zvolit správný průměr wolframové elektrody a mít správný úhel nabroušení špičky
- správně zvolit přídavný materiál

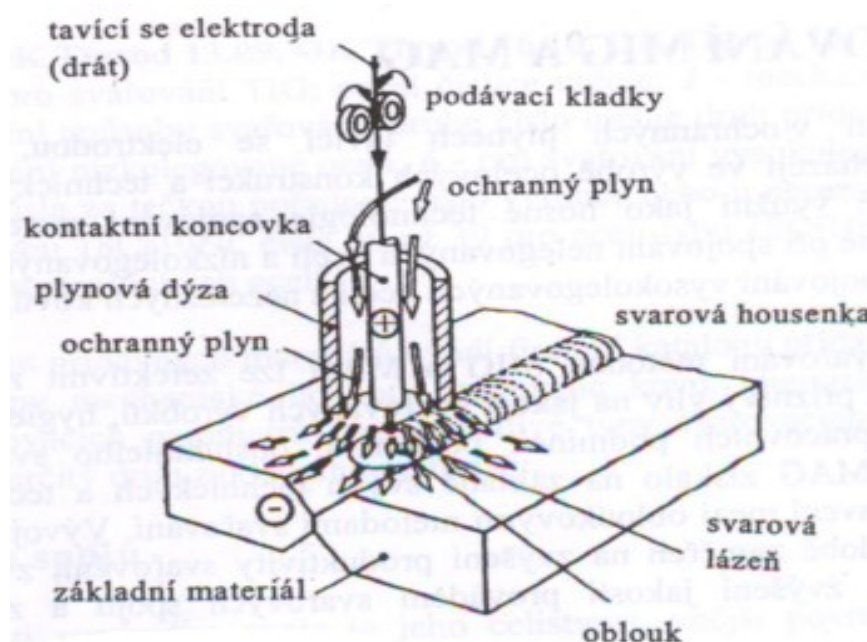
#### **1.4.2 Svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu**

**Svařování austenitických vysokolegovaných ocelí metodou obloukového svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu MAG.**

V současné době je tato metoda označována číslem 135. Tato technologie svařování je velice podobná metodě 131 MIG (Metall Inert Gas). S tím rozdílem že metoda MAG využívá v průběhu svařování aktivní plyn  $\text{CO}_2$ , nebo směsných plynů. Na obě technologie svařování 131, 135 se dělají zvlášť zkoušky. Velkou předností metod MIG, MAG je že se dají automatizovat. S touto vlastností jsou obě metody velice populární a oblíbené v řadách strojírenských podniků.

#### **Přednosti metody MAG**

- značná produktivita a hospodárnost provádění spojů
- vhodná metoda jak pro ruční, tak i pro mechanizované, či robotizované provádění procesů svařování
- nízké náklady na realizaci metody v klasickém provedení
- nízké deformace jak svárových spojů, tak i svařovaných konstrukcí
- možnost svařování širokého sortimentu konstrukčních materiálů [3].
-



Obr. 6 Princip svařování metodou MAG/MIG [3].

### Princip metody 135

Oblouk hoří mezi koncem tavicí se elektrody a základním materiálem, v prostředí aktivního plynu ( $\text{CO}_2$ ;  $\text{Ar}+\text{CO}_2$ ,  $\text{Ar}+\text{CO}_2+\text{O}_2$ ). Vlivem použití směsných plynů se podařilo zlepšit formování svaru a zvýšit stabilitu hoření oblouku a snížit rozstřík kovu [3].

### Způsoby přenosu kovu v oblouku při svařování MAG

1. **Zkratový přenos**- vhodný pro svařování tenkých plechů, svařování kořenových vrstev. Tento způsob je také nazýván jako svařování krátkým obloukem [4].

**Rozsah svařovacích parametrů je:**  $U = 14 - 22 \text{ [V]}$

**$I = 60-180 \text{ [A]}$**

2. **Polozkratový přenos**- je to kombinované svařování zkratového a bezzkratového přenosu. Používá se při svařování středních tloušťek. Rozstřík kovů je malý [3].

**Rozsah svařovacích parametrů je:**  $U = 22 - 28 \text{ [V]}$

**$I = 190-300 \text{ [A]}$**

3. **Kapkový bezkratový přenos**- u metody MAG pro svařování větších tloušťek ve směsích Ar + CO<sub>2</sub>, u metody MIG se používá při svařování hliníku a jeho slitin většími průměry svařovacích drátů. Tento přenos je také nazýván jako svařování dlouhým obloukem [4].

**Rozsah svařovacích parametrů je: U= 28 – 40 [V]**

**I= 200-500 [A]**

4. **Impulsní přenos**- při svařování tenkých materiálů má velké přednosti. Přenos kovu se realizuje ve formě kapek. Vyžaduje plyny na bázi argonu. Jde o kombinovaný kapkový a sprchový přenos kovu [3].

**Rozsah svařovacích parametrů je: U= 20 – 50 [V]**

**I= 80-310 [A]**

## 1.5 Přídavné materiály

### Přídavné materiály pro svařování WIG

„Přídavný materiál pro svařování v ochranném prostředí se volí dle chemického složení základního materiálu, mechanických vlastností základního materiálu, požadovaných vlastností svarového spoje a typu svarového spoje“. Je nezbytné, dodržovat zásadu, že svarový spoj musí mít stejné nebo lepší vlastnosti než základní materiál. Jako přídavný materiál se používá svařovací drát, který se přidává do svarové lázně, za účelem:

- dosáhnutí požadovaného tvaru svarového spoje
- legování svarového kovu přísadami a tím zvýšit odolnost proti vzniku trhlin a dutin
- dodávání do svarového kovu přísady pro dezoxidaci, odplynění a kladně tak ovlivňují metalurgické děje uvnitř svarového kovu
- vylepšování formování svaru, smáčením svarových ploch a operativností ve svařovacích polohách.[3]

Svařovací dráty jsou kruhového průřezu a většinou se vyrábějí v délce 1m. Průměry se vyrábějí : **φ1,2; φ1,6; φ 2,0; φ 2,4; φ 3,2; φ 4,0 mm**

Tab. 6 Chemické složení svařovacího drátu OK TIGROD 316 LSi [6].

Typické chemické složení čistého svarového kovu (%)									
C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	N	Cu	FN	Jiné
0,01	0,8	1,7	18	12	2,5	<0,08	0,1	7	Tot<0,5

Tab. 7 Chemické složení drátu [6].

Typické chemické složení drátu (%)					
C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
<0,03	0,8	1,8	19	12	2,8

Tab. 8 Mechanické vlastnosti svárového kovu [6].

Typické mechanické vlastnosti čistého svarového kovu			
R <sub>p0,2</sub> (Mpa)	R <sub>m</sub> (Mpa)	A <sub>4</sub> /A <sub>5</sub> (%)	KV (°C/ J)
480	630	33	+20/175
			-110/150
			-196/110

Chrom-nikl-molybdenový svařovací drát, určený pro TIG svařování austenitických ocelí typů 1.4404 a 1.4571. Svarový kov je celkově korozivzdorný, především pak v prostředích s obsahem chloru. Vzhledem k nízkému obsahu uhlíku je svarový kov odolný proti mezikrystalové korozi. Vyšší obsah křemíku u tohoto typu zlepšuje svařovací vlastnosti, především roztékavost svarového kovu. Drát je často používán nejen ve výrobě pro chemický, vodohospodářský a potravinářský průmysl, ale i ve výrobě lodí a různých architektonických doplňků.[6]

### **Přídavné materiály pro svařování MAG**

Pro metodu MAG se používají přídavné materiály ve tvaru drátových nebo nebo plněných (trubičkových) elektrod.

### **Přídavné materiály plní funkce typu:**

- doplnění objemu svarové lázně
- zabezpečení tvaru požadovaného svaru a průřezu
- nahrazení prvků, které se při svařování vypálily
- dodání vhodných legujících a dezoxidačních přísad do sváru

Přídavné materiály musí mít vhodné chemické složení, vhodný průřez, vysokou čistotu, požadované a tvarové tolerance[6].

Pro svařování metodou MAG mají dráty zvýšený obsah manganu a křemíku. Je to z důvodu většího „propalu“ a silnějších dezoxidačních účinků svarové lázně. Používají se pro strojní i ruční svařování. [3]

Drátové elektrody se vyrábějí v průměrech:  $\phi$  0,6;  $\phi$  0,8; 1,0;  $\phi$  1,2 $\phi$ ;  $\phi$  1,6 mm.

Většinou na sobě mají tenký měděný povlak, aby nedocházelo ke korozi se vzdušnou vlhkostí.

**Plněné (trubičkové) elektrody jsou plněny vhodnými přísadami a dělí se na:**

- **elektrody s rutilovou náplní-** (svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí, vysokolegovaných ocelí)
  - **elektrody s bázeckou náplní-** (svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí)
  - **elektrody s kovovou náplní-** (svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí)
- [3]

**Svařovací drát OK AUTROD 316LSi**

*Tab. 9 Chemické složení OK AUTROD 316 LSi [6].*

Typické chemické složení čistého svarového kovu (%)							
C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	N
0,01	0,9	1,8	18,4	12,2	2,6	0,12	0,05

Tab 10 Mechanické vlastnosti svárového kovu [6].

Typické mechanické vlastnosti čistého svarového kovu			
$R_{p0,2}$ (Mpa)	$R_m$ (Mpa)	$A_4/A_5$ (%)	KV (°C/ J)
440	620	37	+20/120
			-60/95
			-196/55

Tab 11 Parametry svařování pro jednotlivé průměry drátu [6].

Doporučené parametry svařování pro jednotlivé průměry drátů							
Průměr v mm	0,6	0,8	0,9	1	1,14	1,2	1,6
Napětí na oblouku V	-	12-24	15-28	15-28	-	15-29	23-31
Svařovací proud A	-	55-160	65-220	80-240	-	100-300	230-375
Rychlost podávání m/min	-	4-17	3,5-18	4-16	-	3-14	5,5-9
Výkon navaření kg svar. kovu/hod. hoření oblouku		1-4,1	1,1-5,4	1,5-6		1,6-7,5	5,2-8,6

Tab. 12 Chemické složení drátu [6].

Typické chemické složení drátu (%)					
C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
<0,03	0,8	1,9	19	12	2,7

Jedná se o drát s velmi nízkým obsahem uhlíku pro svařování nerezavějících ocelí typu 1.4404 a 1.4571. Obsah křemíku je zde zvýšen pro zlepšení svařovacích vlastností.[6].



## 1.6 Svařovací stroje

Svařovací stroje lze rozdělit do dvou skupin. Do první skupiny patří stroje na svařování metodou 135, v této bakalářské práci se o nich zmiňuji právě proto, protože jsou využívány ve firmě Strojírny a opravny Milenov s r.o., kde se budou zakružovat plechy pro danou úpravnu vody a z kterých se následně bude svařovat potrubí, které bude transportováno na stavbu respektive úpravnu. Druhou skupinu těchto svařovacích strojů, tvoří právě stroje používané na stavbě, založené na metodě 141.

### 1.6.1 Svařovací automat BKM 10x10 T

Jedná se o zařízení k svařování rotačních nádob, které pokud jsou doplněny o podélné pojezdy, je možné s tímto automatem provádět také podélné svařování. Automat BKM 10x10 T je používán pro metody 131; 135; 141. Aby bylo možné svařování rotačních nádob, či potrubí je automat doplněn o **tzv. kladkové polohovadlo RB**. V tomto případě je to Kladkové polohovadlo RB 2/2 T.[15]

#### Technická specifikace:

- rozměry trubek
- DN 350 – DN 1000
- tloušťka materiálu 2 - 8 mm
- maximální délka dílců 6m
- materiál austenitická a uhlíková ocel.

#### Svařovací automat BKM 10x10 T sestává z:

- pevného ocelového svařovaného podvozku s motorickým pohonem pojezdu s AC-servomotorem a zpětnou vazbou, s kolejovou dráhou pracovní délky 6m (pojezdová dráha je přesně opracovaná a osazená ozubeným hřebenem )
- masivního sloupu z ocelového profilu s opracovanými plochami pro upevnění kolejnic přesného lineárního vedení pro svislý posuv kříže 1000 mm
- pohonu svislého posuvu montážního kříže s výložníkem pomocí elektromotoru a trapézového šroubu příp. řetězu se záchytným systémem

- pojezdového kříže – vozíku s lineárními ložisky a elektromotorem pro pohyb výložníku
- výložníku na lineárním vedení, pojezd 1000 mm
- vodorovných motorických saní pro jemnou korekci polohy hořáku, namontovaných na čelní přírubě výložníku, motorické saně s hořákem na konci výložníku jsou mechanicky otočné o 90 stupňů [15].

Řídicí systém ovládá všechny prvky, pohony a spínání svářečky. Ovládací panel pro programování a provoz je umístěn v čelní straně výložníku. Hrubé a jemné navádění na svar ručně pomocí „dvourychlostního joysticku“ [15].

*Tab 13* Parametry svařovacího automatu [15].

<b>Technické parametry</b>	
pojezd sloupu (délka)	6000 mm
rychlost pojezdu	rychloposuv-5m/min
	najížděcí r. 0,5m/min
svislý zdvih ramene	1000 mm
rychlost zdvihu	rychloposuv-2,5 m/min
	najížděcí r. 0,3m /min
vodorovný výsuv ramene	1000 mm
rychlost zdvihu	rychloposuv-2,5 m/min
	najížděcí r. 0,3m /min
korekční sáně-zdvih	2x 180 mm
rychlost pohybu	0,05-1 m/min
napájení	400 V/ 50 Hz - 32 A

Velkou předností tohoto svařovacího automatu je rychlost svařování, jednoduché nastavení všech potřebných parametrů a v neposlední řadě velice jednoduchá ovladatelnost.

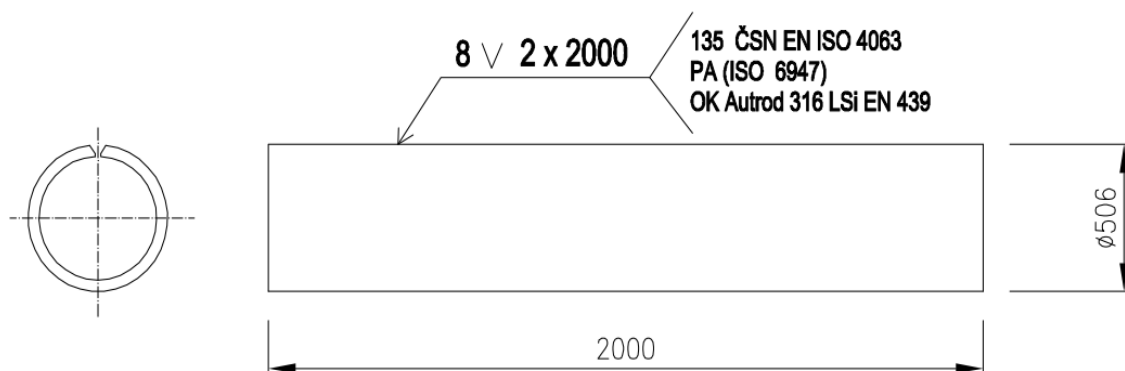
## **Kladkové polohovadlo RB 2/2 T**

- pro polohování (otáčení) svařenců při sváření, navařování nebo pálení
- pro otáčení trub, plášťů nádob při podélném a zejména obvodových svarech
- pogumované kladky uloženy v domečcích pomocí kuličkových ložisek
- pohon kladek ( motoriz. lavice – 2 ks ) dvěma elektromotory (každá kladka
- vlastní pohon)
- plynulá regulace otáček
- 2 ks podpěrné volně otočné lavice
- dálkové ovládání integrováno do ovládacího pultu automatu
- rozteč kladek na lavici mechanicky stavitelná do cca 5 poloh dle průměru.[15]

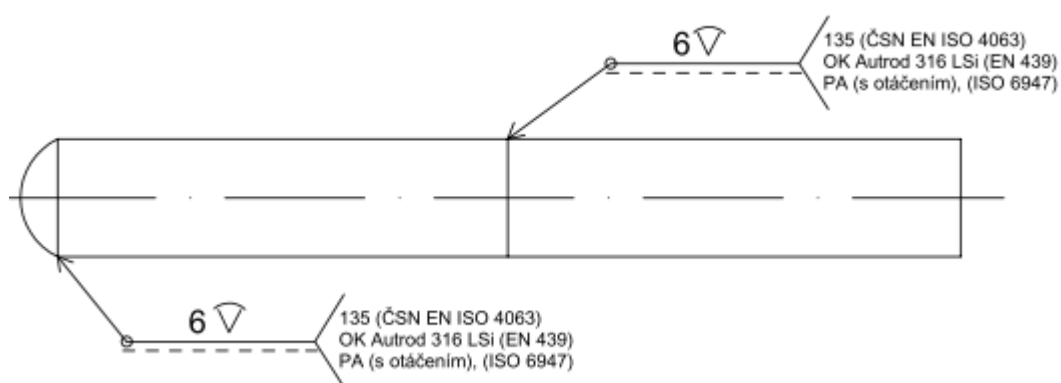
## **Svařovací výbava**

automat je osazen svařovací výbavou pro MIG/MAG svařování firmy FRONIUS se zdrojem TransPulsSynergic 4000 s odděleným podavačem drátu, vodou chlazeným strojním hořákem, propojovacím svazkem 5m a dalším příslušenstvím. [15]

Principem fungování této výbavy je, že se v první řadě zakruží nerezový plech na  $\phi$  506 a poté se pomocí automatu svaří. Plechy se zakružují na strojní ohýbačce plechu XOCM 2000/5 – pro austenitické oceli může pracovat s plechy max. do tl.4 mm. Pokud je potřeba pracovat s plechy o tloušťce nad 4 mm používá se zakružovačka plechu AKYAPAK AHS 20/08, která je schopná zakružovat plechy do tl. 8 mm Svařovacím automatem BKM 10x10 T lze svařovat do délky 6000 mm. Jednotlivé potrubí má délku 2000 mm, protože do zakružovačky plechy většího formátu nelze vložit. Poté se k sobě svaří za sebou 3ks potrubí.



Obr. 7 Podélný svar



Obr. 8 Obvodový svar s otáčením

### 1.6.2 Svařovací stroj Fronius TransTig 1700

Uváděné zařízení bude použito k provádění montážních svarů metodou 141 na úpravě vody.

Svařování bude probíhat svařovacím strojem od firmy Fronius a bude to typ TransTig 1700. Svařovací usměrňovač TransTig 1700 (DC), je konstruován jako primárně řízený svařovací zdroj a je speciálně vhodný pro ruční svařování metodou WIG (141), a svařování obalenou elektrodou v oblasti stejnosměrného proudu. Výhoda u těchto svařovacích strojů je velikost, hmotnost a vybavenost funkcí Up/Down- plynulé řízení svařovacího proudu tlačítkem hořáku [12].

Tab. 14 Parametry svářečky Fronius TransTig 1700

Technické parametry		
Síťové napětí	1 x 230 V	
Tolerance síťového napětí	okolo 10%	
Frekvence sítě	50 / 60Hz	
Síťové jištění, zpožděný typ	16 A	
Zdánlivý výkon	50 % DZ	6,2 kVA
	100 % DZ	5,0 kVA
Účinník	100 A	
	120 A	89%
Rozsah svařovacího proudu	WIG	2-170 A
	111	2-140 A
Svařovací proud WIG	10min/40°C 35% DZ	170 A
	10min/40°C 60% DZ	135 A
	10min/40°C 100% DZ	120 A
Jmenovité pracovní napětí	WIG	10,1 - 16,8 V
Napětí na prázdko	230 V	92 V DC
Izolační třída	B	
Krytí	IP 23	
Chlazení	AF	
Certifikace	S, CE	

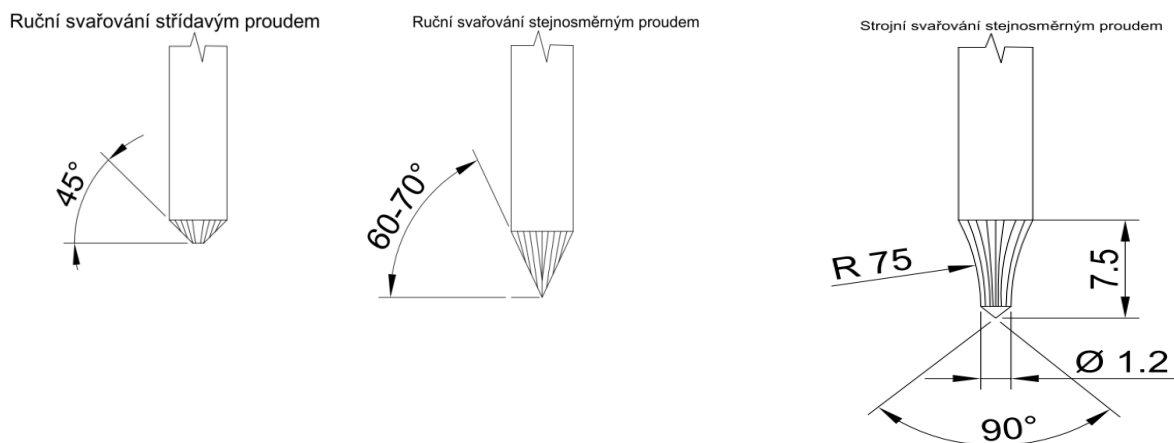
Důležitou součástí metody WIG je volba netavící se elektrody. Jsou to elektrody kruhového průřezu, jež jsou vyrobeny z čistého wolframu. Wolfram se používá na výrobu elektrod, z důvodu vysoké teploty tavení 3400 °C a díky jeho emisním schopnostem. Volba typu elektrod závisí na druhu používaného proudu a na požadované kvalitě svarového spoje. [3]

**Elektrody jsou vyráběny v průměrech:**

**$\phi$  0,5;  $\phi$  1,0;  $\phi$  1,6;  $\phi$  2;  $\phi$  2,5;  $\phi$  3,2;  $\phi$  4;  $\phi$  5;  $\phi$  6,3;  $\phi$  8;  $\phi$  10 mm**

Délky elektrod se vyrábějí 50; 75; 150 a 175 mm

Konce elektrod se brousí a ve výjimečných případech se leptají.



*Obr. 9 Broušení wolframových elektrod*

*Tab. 15 Parametry svařování tupých svárů [3]*

Doporučené parametry svařování tupých svárů vysokolegovaných austenitických ocelí					
Tloušťka plechu [mm]	Průměr elektrody [mm]	Svařovací proud [A]	Průměr svařovacího drátu [mm]	Průtok argonu [ $l \cdot min^{-1}$ ]	Rychlost svařování [ $cm \cdot min^{-1}$ ]
0,80	1,00	15-30	-	3,0-4,0	30-40
1,50	1,50	50-80	1,50	4,0-5,0	25-30
2,00	1,5-2,0	80-110	1,5-2,0	4,0-5,0	20-25
3,00	1,5-2,0	100-150	2,0-3,0	5,00	20-25
4,00	3,00	120-200	3,00	5,0-6,0	15-20
5,00	3,00	130-250	3,00	5,0-6,0	15-20

## 1.7 Ochranné plyny

Další nedílnou součástí metody WIG jsou ochranné plyny, které chrání wolframové elektrody a tavnou lázeň před účinky okolní atmosféry. Používají se inertní ochranné plyny jako je **Argon (Ar)**, **helium (He)**, nebo se používají jejich směsi.[3]

### Argon

Patří do skupiny inertních plynů. Nereaguje s jinými chemickými prvky. Dobrou vlastností Ar je to, že je bez zápachu. Ar je těžší než vzduch. Má velice malou tepelnou vodivost. Z tohoto důvodu usnadňuje zapalování a stabilizaci elektrického oblouku. Pro svařování metodou TIG se používá Ar o čistotě, v rozmezí od 99,7 – 99,999 % .[3]

### Helium

Stejně jako Ar patří do skupiny inertních plynů. Také je bez zápachu a oproti Ar je lehčí než vzduch. He vyžaduje dvakrát vyšší napětí svařovacího proudu než Ar z důvodů nízké ionizační schopnosti. Elektrický oblouk se zapaluje obtížněji, má horší stabilitu a hoří neklidně. Čistota se pohybuje v rozmezí od 99,996 – 99,999 %.[3]

### Směsi Ar + He

Tyto směsi tvoří samostatnou skupinu inertních plynů. Se stoupajícím obsahem helia se zvyšuje napětí na oblouku a tím roste tepelný výkon oblouku. Směsi Ar+He se hlavně používají pro svařování materiálů větších tloušťky s vysokou tepelnou vodivostí.

### Používají se směsi typu:

- Ar+He 70/30 (70% Ar + 30% He),
- 50/50 (50% Ar + 50% He),
- 30/70 (30% Ar + 70% He).[3]

## 2 Zkoušky svarových spojů

Zkoušky svarových spojů se provádí pro zajištění bezpečnosti, jakosti a kvality svarového spoje. Na jeden svar může být použito i více než jedna zkouška. Zkoušky svarových spojů se řídí podle příslušných technických norem.

Důležité je, aby vlastnosti svarových spojů, odpovídaly požadavkům kladeným na danou konstrukci. Zjišťují se základní mechanické vlastnosti svarových spojů, kde se hlavně při destruktivních zkouškách svar poruší. Proto se zkoušky provádějí na zkušebních vzorcích [1].

Zkoušky svarových spojů se dělí na :

1. **Destruktivní zkoušky svarových spojů**
2. **Nedestruktivní zkoušky svarových spojů.**

### 2.1 Destruktivní zkoušky

Rozlišujeme tyto druhy destruktivních zkoušek:

- zkoušky tahem
- zkouška rázem v ohybu
- zkoušky lámavosti
- zkoušky tvrdosti
- zkoušky makrostruktury a mikrostruktury.

V práci byly použity zkoušky lámavosti, na zkušebním kusu prakticky na svarech tlakového potrubí.

**Zkouška lámavosti svarových spojů** zobrazuje tažnost a plastické vlastnosti sváru. Dále se nám projeví vady na povrchu svarového spoje. Aplikuje se hlavně na tupých svarových spojích [1].



Zkušební tyče se odebírají:

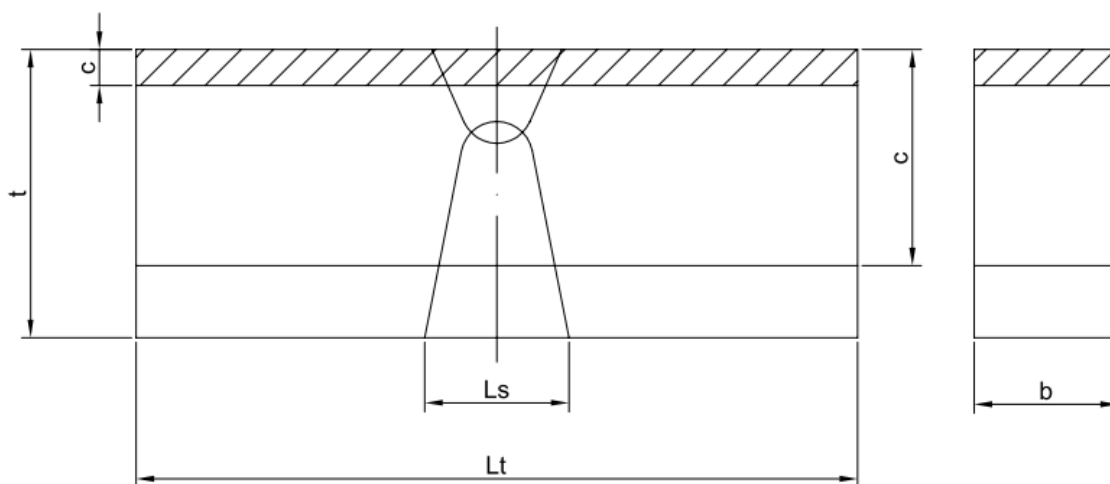
- **příčně kolmo na osu svaru**
- **podélně ve směru osy svaru.**

Při odebírání zkušebních tyčí nesmí dojít k poškození svaru. Pokud se materiál dělí mechanicky (např. kotoučová bruska) je nezbytné dávat pozor, ať se kotoučem nezajede do sváru. Pokud se materiál dělí tepelně (např. autogen), je nutné provádět řezání v dostatečné vzdálenosti od svaru, aby nedošlo k tepelnému ovlivnění materiálu pro zkoušku.

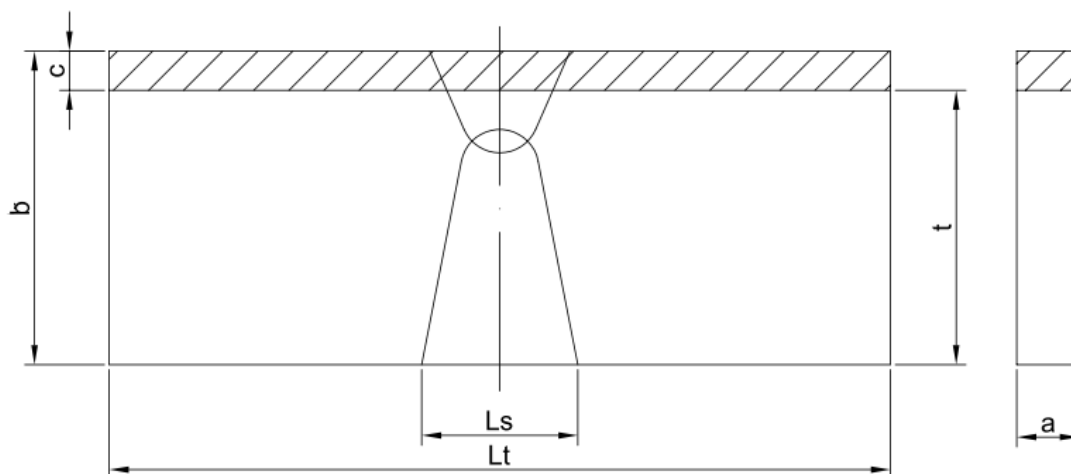
Hrany zkušebních tyčí na tažené straně jsou mechanicky zaobleny na poloměr  $r$ , který je menší než  $0,2 a$ , maximálně může však být 3 mm. Povrch zkušebních kusů nesmí obsahovat převýšení svarového kovu ani z jedné strany. Vyjímkou může být jen norma výrobku, nebo pokud není ve smlouvě se zákazníkem uvedeno jinak.[3]

Jak zkouška příčná, tak i podélná zkouška lámavosti se provádí na :

- dvou zkušebních tyčích s kořenem svaru na straně tažené
- dvou zkušebních tyčích s kořenem svaru na straně tlačené
- čtyřech zkušebních tyčích pro boční ohyb.[1]



Obr. 10 Tyč pro naplátované vrstvy z lící strany s tupým svárem [1]



Obr. 11 Tyč pro naplátované vrstvy s tupým svarem bočním ohybem [1]

## 2.2 Nedestruktivní zkoušky

Nedestruktivní zkoušky jsou zkoušky, u kterých nedochází k poškození výrobku při zkoušení. Určují místa výskytu povrchových i vnitřních vad. Tyto výsledky nedestruktivních zkoušek mají hlavní význam pro ověřování správnosti technologických postupů výroby. Upozorňují na nedostatky a určují příčiny výskytu vad. [1]

Zkoušky dělíme dle zjišťování typu vad na:

Zjišťování povrchových vad:

- Vizuální kontrola VT
- Penetrační metoda PT
- Magnetická prášková MT (omezeně podpovrchové vady)
- Vířivé proudy ET.

Zjišťování vnitřních vad

- Radiologická metoda RT
- Ultrazvuková metoda UT.

Z těchto metod budou použity VT a RT, které byly předepsány zákazníkem ve smlouvě.

### **Vizuální metoda VT**

Vizuální metoda. slouží k zjišťování povrchových, jedná-li se o metodu vizuální přímou. Druhou metodou je vizuální metoda nepřímá. U této metody jsou používány endoskopy. Používají se například pro kontrolu vnitřních povrchů svarů v trubkách. [3]

Vizuální metodou lze kontrolovat:

#### **Úprava svarových spojů**

- Jakým způsobem je odebrána struska (ručně, mechanicky)
- Není-li svar poškozen vyraženými značkami
- Plynulost přechodu spoje do základního materiálu

#### **Tvary a rozměry:**

- Velikost převýšení sváru s ohledem na požadavky normy
- Kresba svaru, rozkvy – zda jsou rovnoměrné a mají vyhovující vzhled
- Soulad mezi délkou a šířkou spoje s ohledem na výkres

#### **Kořen a výplň svaru**

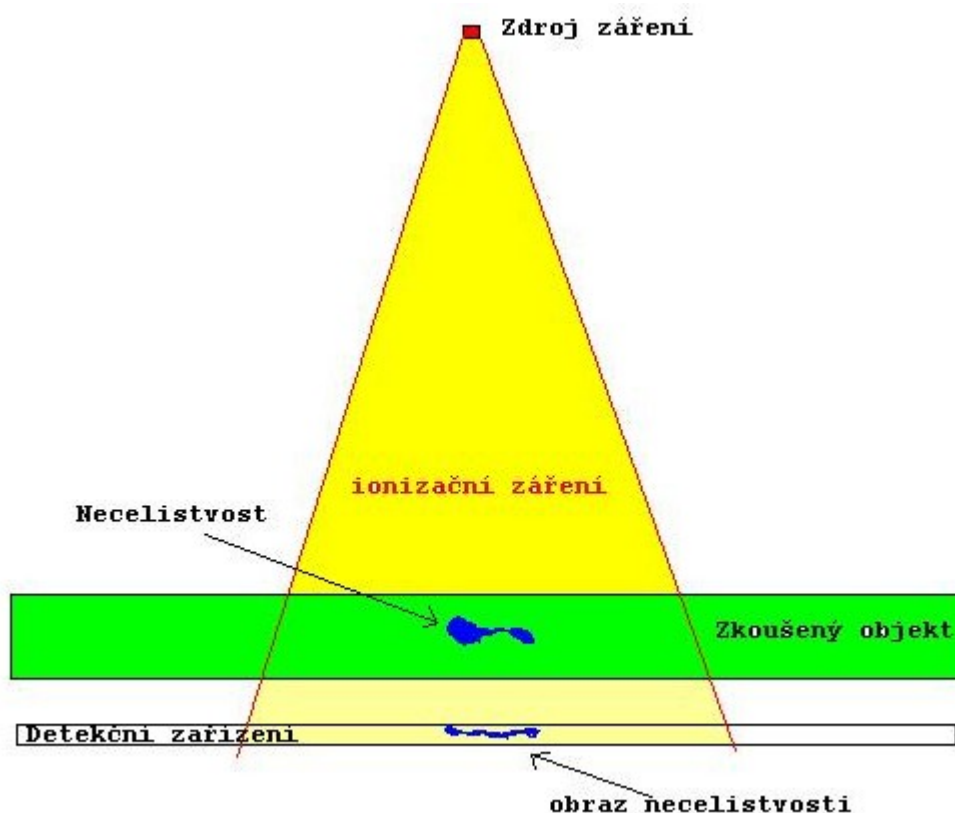
- Ověřuje se, zda u jednostranných tupých svarů prohloubení kořene, či propadlé přechody v kořeni
- Zápaly s ohledem na normu
- Výskyt trhlin nebo bublin na povrchu svaru [1]

### **Radiologická metoda RT**

Princip spočívá v interakci použitého záření (RTG,gama) s tloušťkou kontrolovaného výrobku a v následném zviditelnění prošlého záření, za kontrolovaným výrobkem vhodným detektorem. [3]

## Metoda radiografie

Patří do řad nejrozšířenějších metod kontroly prozařováním. Je založena na principu zachycení účinku procházejícího záření kontrolovaným předmětem na speciální fotografický film. Výhoda je že filmy se dají archivovat. Nevýhodou je, že výsledek kontroly není ihned zjistitelný. Radiografické zkoušky jsou omezeny tloušťkou zkoušeného materiálu. RT metodu lze zařadit i v průběhu svařování [1].



Obr. 12 Schematický princip RT metody

Tab. 16 Přehled zdrojů záření [1]

Přehled zdrojů záření				
Zdroj záření		Poločas rozpadu	Energie	Prozařitelná tloušťka oceli (mm)
Gama	Yb 169	32 dní	63-308 keV	1-15
	Se 75	119 dní	60-401 keV	5-40
	Ir 192	74 dní	206-612 keV	20-80
	Tm 170	129 dní	84 keV	3-15
	Co 60	5,3 roku	1173-1333 keV	40-150
Urychlovače elektronů			31 MeV	120-450
			25 MeV	120-400
			15 MeV	120-350
			5 MeV	110-280
Rentgenové přístroje			400 keV	60-120
			300 keV	40-100
			250 keV	30-80
			200 keV	20-60
			150 keV	10-25
			100 keV	do 10

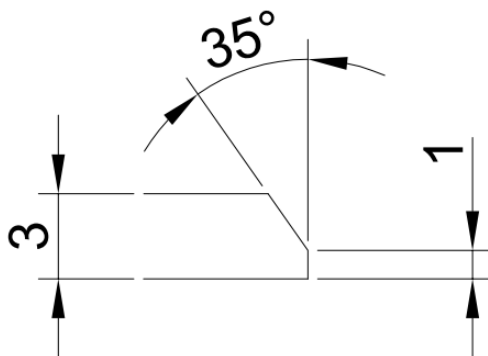
Záření je lidskému organizmu nebezpečné, a proto pracoviště patří mezi riziková se zvláštními hygienickými a bezpečnostními předpisy. Atomový zákon č. 18/97 Sb. A Vyhláška č. 146/97 Sb., upravuje pracovní podmínky těchto rizikových pracovišť. Bezpečnost provozu musí být zajištěná vymezením ochranného pásma [3].

### 3 Příprava a postup svařování metodou 135 a 141

#### 3.1 Postup svařování metodou 135

##### Příprava potrubí

1. Na strojních nůžkách se nastříhají tabule plechu na formát 2000 x1590 mm, tloušťka plechu je 3 mm. Po stříhání následuje příprava hrany plechu-úprava svarových ploch pro provedení podélného svaru (obr. 13)



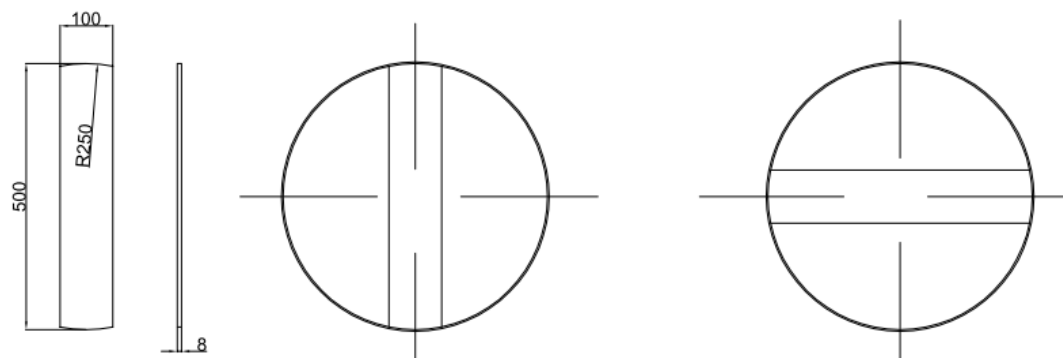
Obr. 13 Příprava hrany plechu

2. Plechy se zakružují na strojní ohýbačce plechu XOCM 2000/5 na  $\phi 506$  mm délka 2000 mm. (viz obr. 14)



Obr. 14 Stroj na ohýbání plechu [16]

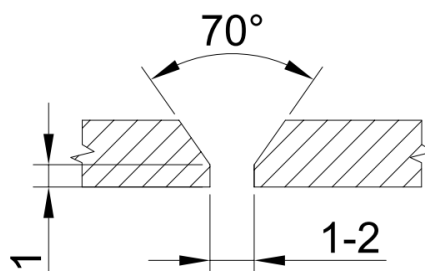
Při práci s nerezovým materiálem se musí vždy používat nářadí nerezové, aby nedocházelo ke kontaminaci povrchu běžným nářadím a tím možnému vzniku povrchové koroze. Při provádění podélného svaru na svařovacím automatu BKM 10x10 T (viz. příloha E) jsou používány přípravky, které nám zajišťují, aby nám potrubí drželo tvar kružnice. Jinak by byla možnost, vytvoření elipsovitého tvaru (obr. 15).



Obr. 15 Přípravek pro svařování

Pro podélný svar byl navržen **WPS č. 1**, doložený vyhotovenými protokoly destruktivních a nedestruktivních zkoušek (viz příloha C,C1).

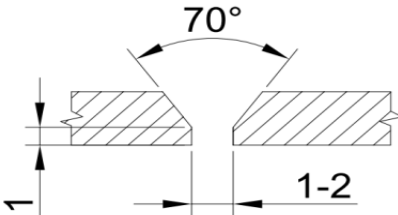
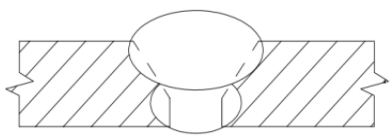
Po provedení podélných svarů, se k sobě slícují dva kusy potrubí, řádně se nastehují a provádí se svar PA s otáčením, podle **WPS č. 2** (viz tab.18).



Obr. 16 Příprava svárové plochy

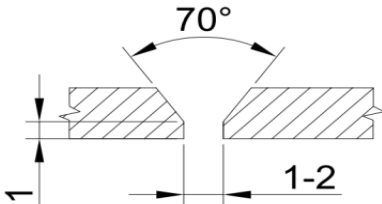
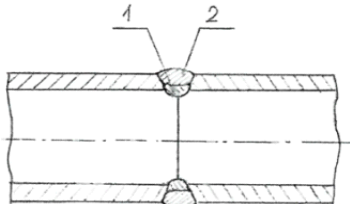
Jak uvádí norma ČSN EN 127 32, stehové svary musí být provedeny v souladu s postupem svařování navrženým pro kořenovou vrstvu svaru. Musí být rozmístěny rovnoměrně po celém obvodu potrubí. Ve stezích se nesmí vyskytovat trhliny. Pokud se vyskytnou trhliny musí být řádně vybroušeny a nově svařeny [8].

Tab. 17 Specifikace postupu svařování č. 1

<b>WPS</b>	Specifikace postupu svařování Welding procedure specification dle ČSN EN ISO 15609-1 Doporučený formulář pro metodu 135 dle ČSN EN ISO 15607			
WPS v souladu s WPQR			Číslo WPS: 1	
Specifikace základního materiálu: 1.4404; 1.4571			Skupina oceli: 8	
Polotovar P/T: T	Průměr: 506	Tloušťka: 3		
Předehřev základního materiálu:	Interpass: do 150°C	Dohřev:		
Specifikace svařovacího materiálu: OK Autrod 316Lsi		ČSN EN		
Specifikace inertního plynu: Stargon C2 (98%Ar/ 2%CO)		Skupina: dle EN 439 M12		
Poloha svařování: PA	Druh svaru: BW	Počet housenek: 2		
Přenos kovu: zkratový				
Tvar a rozměr svarových ploch		Postup svařování-sled kladení housenek		
				
Způsob přípravy před svařováním: mechanicky, chemicky				
Broušení housenek-během svařování- ano				
Parametry svařování:				
Svarová housenka	1	2	3	4
Metoda svařování (ISO 4063)	135	135		
Druh proudu / polarita DC/AC +/-	(+)	(+)		
Svařovací proud (A)	60-70	70-90		
Napětí (V)	20-21	23-25		
Průměr přídavného materiálu (mm)	1,2	1,2		
Průtokové množství plynu (l/min)	11	11.XII		
Postupová rychlost svařování (cm/min)	34-37	38-41		
Drážkování a podložení kořene: ne				
Způsob čištění povrchu a kořene svaru po skončení: svařování: mechanicky, chemicky, nerezovým materiálem				
místo a datum vydání		razítko a podpis technologa/inženýra svařování		

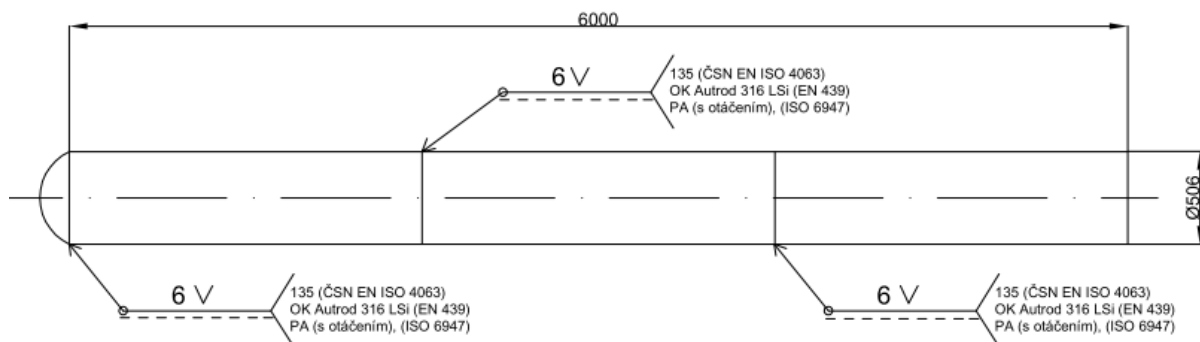


Tab.18 Specifikace postupu svařování č. 2

<b>WPS</b>	Specifikace postupu svařování Welding procedure specification dle ČSN EN ISO 15609-1 Doporučený formulář pro metodu 135 dle ČSN EN ISO 15607 čl.5			
WPS v souladu s WPQR			Číslo WPS: 2	
Specifikace základního materiálu: 1.4404; 1.4571			Skupina oceli: 8	
Polotovar P/T: T	Průměr: 506	Tloušťka: 3		
Předehřev základního materiálu:	Interpass: do 150°C	Dohřev:		
Specifikace svařovacího materiálu: OK Autrod 316 Lsi		ČSN EN		
Specifikace inertního plynu: Stargon C2 (98%Ar/ 2%CO)		Skupina: dle EN 439 M12		
Poloha svařování: PA s otáčením		Druh svaru: BW	Počet housenek: 2	
Přenos kovu: zkratový				
Tvar a rozměr svarových ploch		Postup svařování-sled kladení housenek		
				
Způsob přípravy před svařováním: mechanicky, chemicky				
Broušení housenek-během svařování- ano				
Parametry svařování:				
Svarová housenka		1	2	3
Metoda svařování (ISO 4063)		135	135	
Druh proudu / polarita DC/AC +/-		(+)	(+)	
Svařovací proud (A)		60-70	70-90	
Napětí (V)		20-21	23-25	
Průměr přídavného materiálu (mm)		1,2	1,2	
Průtokové množství plynu (l/min)		11	11.XII	
Postupová rychlost svařování (cm/min)		34-37	38-41	
Drážkování a podložení kořene: ne				
Způsob čištění povrchu a kořene svaru po skončení: svařování:mechanicky, chemicky,nerezovým materiálem				
místo a datum vydání		razítko a podpis		
		technologa/inženýra svařování		

## Svařování v poloze PA s otáčením

Tento způsob svařování je opět prováděn svařovacím automatem BKM 10x10 T. K tomuto svařování je zapotřebí mít Kladkové polohovadlo RB 2/2 T, které nám zaručuje plynulost a chod otáček, při svařování. Úprava svarové plochy před svařováním je totožná s úpravou u podélného svařování. Svaří se k sobě dohromady tři kusy zkružených a svařených potrubí a jeden konec se přivaří víko s klenutým dnem taktéž z nerezového materiálu.



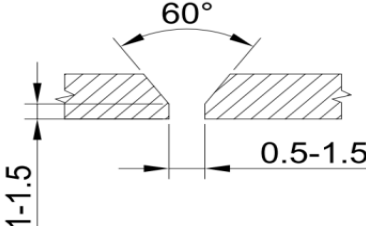
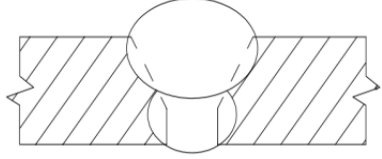
Obr. 17 Označování sváru

Po skončení svařování prochází potrubí pasivací. Jedná se o povrchovou úpravu hlavně svárů. Pro nerezové materiály používáme mořící gel Antox 73E Extra. Tímto gelem Antox E73 se odsrtaňují okraje, zbytky barev, popřípadě lze odstranit znečištění povrchů kontaktem s uhlíkovou ocelí. Svařování jednotlivých dílů do technologických celků bude dále prováděno montážními svary přímo na úpravně vody.

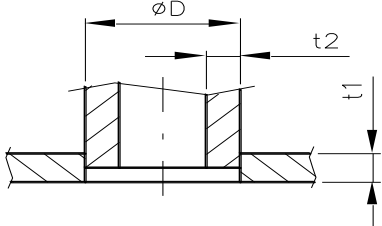
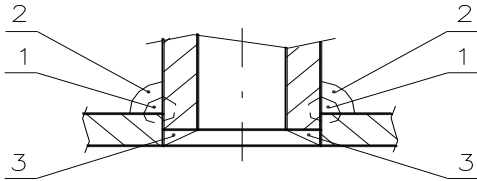
### 3.2 Vlastní postup svařování metodou 141

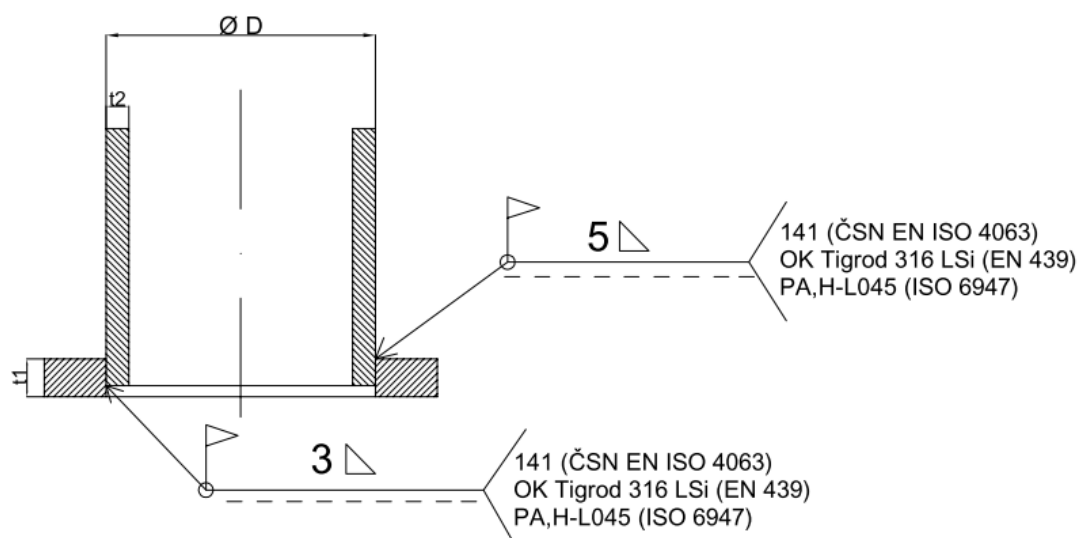
Na samotné úpravně budou zhotovovány potrubní trasy následovně: a to: sání a výtlač od čerpadel, které ve výtlaču vyvinou tlak kolem 9 bar (výkres viz. Příloha D). Sání je vedeno v potrubí DN 400, které je těsně před čerpadlem zredukováno na DN 250. Výtlač je navržen tak, že z čerpadla vede redukce z DN 200 na DN350 a pak je potrubí DN 350, přes trubkovou odbočku zaustěno a přivařeno do výtlačného potrubí DN 500 (viz. příloha D,D1,D2). Na všechny typy těchto svarových spojů potrubí byla vypracována **WPS č.5** (viz tab.19), vhodná pro všechny svarové spoje. U přírub, kde se svařuje koutový svar se vyžaduje svařování jak z vnější strany, tak i ze strany vnitřní. Pro příruby je zhotovena **WPS č.4** (viz tab.20). Svařování mohou provádět jen osoby s příslušným osvědčením či certifikací (viz. Příloha A,B)

Tab. 19 Specifikace postupu svařování č. 5

<b>WPS</b>	Specifikace postupu svařování Welding procedure specification dle ČSN EN ISO 15609-1 Doporučený formulář pro metodu 141 dle ČSN EN ISO 15607 čl.5				
WPS v souladu s WPQR			Číslo WPS: 5		
Specifikace základního materiálu: 1.4404; 1.4571			Skupina oceli: 8		
Polotovar P/T: T		Průměr: 265-506		Tloušťka: 3	
Předehřev základního materiálu:		Interpass: do 100°C		Dohřev:	
Specifikace svařovacího materiálu: OK Tigrod 316 Lsi			ČSN EN ISO 14343		
Specifikace inertního plynu:			Skupina: dle EN ISO 14175		
Specifikace W elektrody: WC20			Průměr elektrody: 2,4		
Poloha svařování: všechny, mimo PG a J-L 4		Druh svaru: BW		Počet housenek: 2	
Tvar a rozměr svarových ploch		Postup svařování-sled kladení housenek			
					
Způsob přípravy před svařováním: broušení, povrch zbavit nečistot, kartáčování					
Broušení housenek:		Chemické čištění: mořící pasta antox			
Parametry svařování:					
Svarová housenka		1	2	3	4
Metoda svařování (ISO 4063)	141	141			
Druh proudu / polarita DC/AC +/-	DC	DC			
Svařovací proud (A)	60-75	75-78			
Napětí (V)	10	10			
Průměr přídavného materiálu (mm)	2,4	2,4			
Průměr plynové hubice (mm)	8	8			
Průtokové množství plynu (l/min)	8-9/kořen5	8-9/kořen5			
Postupová rychlost svařování (cm/min)	15-25	20-25			
Drážkování a podložení kořene: použít formovací plyn 95/5 (dusík/vodík)					
Způsob čištění povrchu a kořene svaru po skončení svařování: chem. čištění, kartáčování					
místo a datum vydání		razítko a podpis			
		technologa/inženýra svařování			

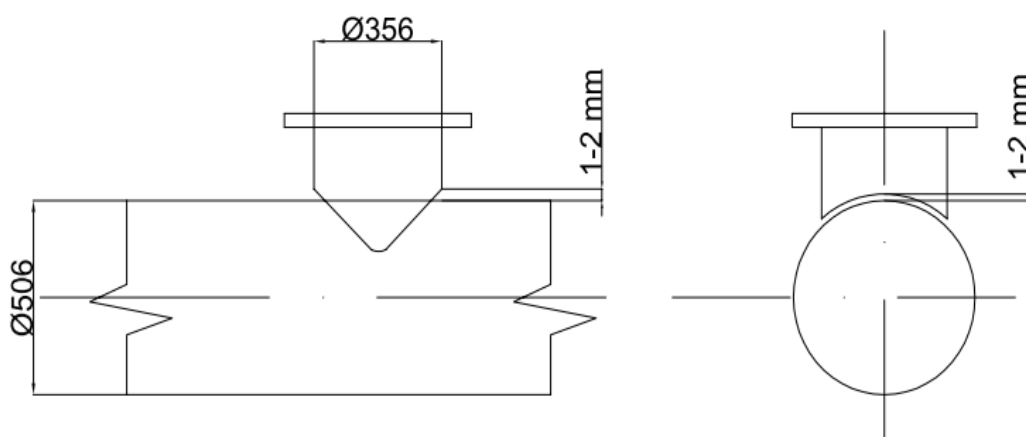
Tab. 20 Specifikace postupu svařování č. 4

<b>WPS</b>	Specifikace postupu svařování Welding procedure specification dle ČSN EN ISO 15609-1 Doporučený formulář pro metodu 141 dle ČSN EN ISO 15607				
WPS v souladu s WPQR			Číslo WPS: 4		
Specifikace základního materiálu: 1.4404; 1.4571			Skupina oceli: 8		
Polotovary P/T: T		Průměr: 256-506		TLoušťka: $t_1=3, t_2=20$	
Přehřev základního materiálu:		Interpass: do 100°C		Dohřev:	
Specifikace svařovacího materiálu: OK Tigrod 316 Lsi			EN ISO 14343 - A		
Specifikace inertního plynu: Argon 4,6			Skupina: dle EN ISO 141 75 I1		
Specifikace W elektrody: WC20			Průměr elektrody: 2,4		
Poloha svařování: všechny, mimo PG a J-L 45		Druh svaru:		Počet housenek:	
Tvar a rozměr svarových ploch		Postup svařování-sled kladení housenek			
					
Způsob přípravy před svařováním: povrch zbavit nečistot, odmastit					
Broušení housenek:		Chemické čištění:			
Parametry svařování:					
Svarová housenka		1	2	3	4
Metoda svařování (ISO 4063)		141	141	141	
Druh proudu / polarita DC/AC +/-		DC	DC	DC	
Svařovací proud (A)		90-100	80-90	80-90	
Napětí (V)		10-11	10-11	10-11	
Průměr přídavného materiálu (mm)		2,4	2,4	2,4	
Průměr plynové hubice (mm)		8	8	8	
Průtokové množství plynu (l/min)		8-11	8-11	8-11	
Postupová rychlost svařování (cm/min)		15-25	15-25	15-25	
Drážkování a podložení kořene:					
Způsob čištění povrchu a kořene svaru po skončení svařování: kartáčování, pasivace					
místo a datum vydání		razítko a podpis technologa/inženýra svařování			



Obr. 18 Provedení koutového svaru na přírubě

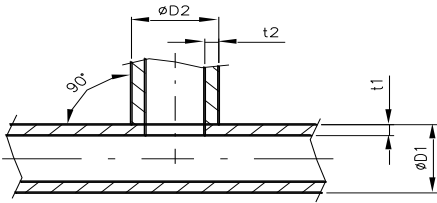
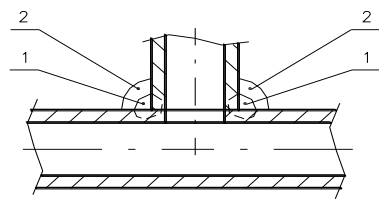
Trubková odbočka se zhotovuje výřezem dle šablony. Před svařováním je nutné dobře slícovat oba díly.

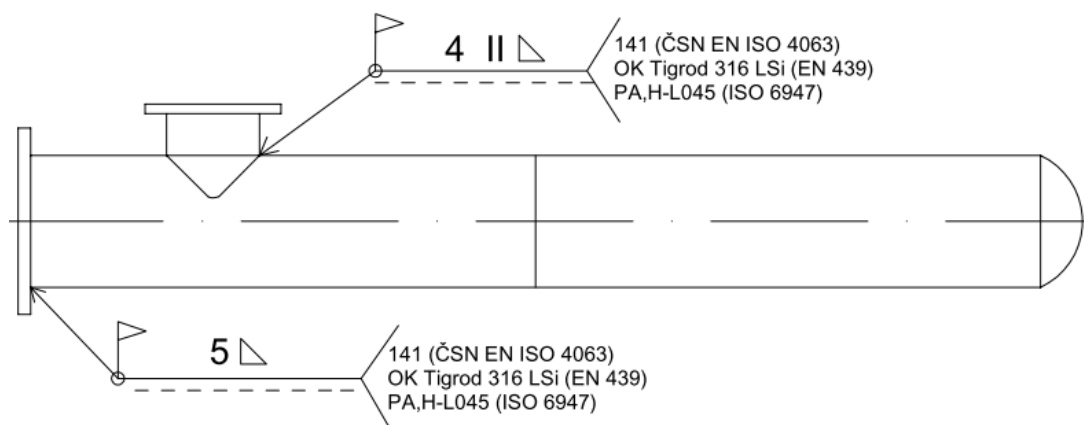


Obr. 19 Příprava trubkové odbočky

Při slícování trubkové odbočky se klade velký důraz na stehování. Je nutné dodržet, aby menší  $\phi$  potrubí byl kolmý na větší  $\phi$  potrubí a zároveň, aby byla všude stejná mezera při stehování. Pokud nastane situace, kdy mezera není stejná, může svar obsahovat prohlubně a ze strany vnitřní části odbočky se můžou vyskytovat nepřipustné vady (krápník). Pro trubkovou odbočku je vytvořena **WPS č. 3** (viz tab.21).

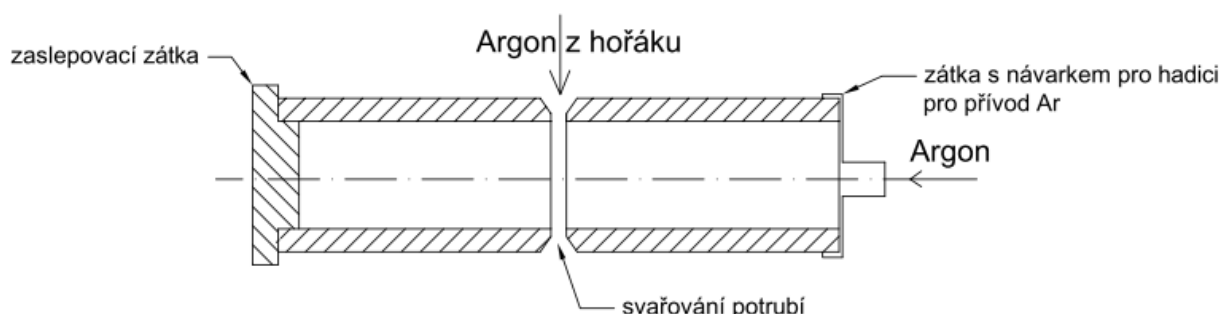
Tab. 21 Specifikace postupu svařování č. 3

<b>WPS</b>	Specifikace postupu svařování Welding procedure specification dle ČSN EN ISO 15609-1 Doporučený formulář pro metodu 141 dle ČSN EN ISO 15607 čl.5				
WPS v souladu s WPQR			Číslo WPS: 3		
Specifikace základního materiálu: 1.4404; 1.4571			Skupina oceli: 8		
Polotovar P/T: T		Průměr: D1-506; D2-356		Tloušťka: t1=t2=3mm	
Předehřev základního materiálu: -		Interpass: do 100 °C		Dohřev: -	
Specifikace svařovacího materiálu: OK Tigrod 316 Lsi			ČSN EN ISO 14343		
Specifikace inertního plynu: Argon 4,6			Skupina: dle EN ISO 14175		
Specifikace W elektrody: WC20			Průměr elektrody: 2,4		
Poloha svařování: všechny, mimo PG a J-L 45			Druh svaru: BW/FW	Počet housenek: 2	
Tvar a rozměr svarových ploch			Postup svařování-sled kladení housenek		
					
Způsob přípravy před svařováním: broušení, kartáčování, odmaštění, používat nerez.					
			náradí		
Broušení housenek:			Chemické čištění:		
Parametry svařování:					
Svarová housenka		1	2	3	4
Metoda svařování (ISO 4063)		141	141		
Druh proudu / polarita DC/AC +/-		(-)	(-)		
Svařovací proud (A)		55-75	60-75		
Napětí (V)		8-10	8-10		
Průměr přídatného materiálu (mm)		2-2,4	2,4		
Průměr plynové hubice (mm)		7	7		
Průtokové množství plynu (l/min)		8	8-9		
Postupová rychlost svařování (cm/min)		10-15	10-15		
Drážkování a podložení kořene:					
Způsob čištění povrchu a kořene svaru po skončení svařování: chemicky, pasivace, kartáčování					
místo a datum vydání		razítko a podpis technologa/inženýra svařování			



Obr. 20 Svarový spoj trubkové odbočky

Další nedílnou součástí této metody svařování 141 je ochrana kořene. Pokud bychom ochranu kořene neprovedli, tak by nám z vnitřní strany potrubí vznikl nevyhovující kořen. Z láhve ochranného plynu jsou za redukčním ventilem připojeny dva výstupy, jeden pro standardní ochranu svarové lázně přes svařovací hořák a druhou pro ochranu kořene. Jakmile je v potrubí dostatek ochranného plynu (ze strany kořene), může se začít stehovat a následně po stehování svařovat. Ochranný plyn z obou stran nám zajistí kvalitní ochranu svarového spoje (obr. 21).



Obr. 21 Způsob ochrany kořene svarového spoje

Po dokončení svařování následuje opět pasivace. Zde se však nečistí celé potrubí, jak tomu bylo ve výrobě, nýbrž se speciálním štětcem natírou jen svary a roztok se nechá se působit. Po pasivaci se svar čistí nerezovým kartáčem. Poté se umyje čistou vodou. Pasivační roztok se musí dokonale odstranit z důvodu možnosti jeho působení po čase na povrch vlivem vzdušné vlhkosti.

## **Závěr**

Svařování technologických celků z austenitických ocelí vyžaduje speciální podmínky při svařování i při manipulaci s jednotlivými díly. Tato práce se zabývá zhotovením tlakového celku úpravny vody.

Cílem bakalářské práce bylo, na základě dokumentace posoudit a následně vytvořit návrh svarových spojů tlakového celku potrubí úpravny vody. Práce je rozdělena do dvou částí. V první teoretické části bylo provedeno posouzení základních materiálů pro zhotovení potrubních celků a posouzení vhodných metod svařování austenitických ocelí s důrazem na metody svařování vhodné pro použití ve výrobě a metody svařování vhodné pro použití na montáži.

Další oblastí práce je návrh, popis a provádění destruktivních a nedestruktivních zkoušek svarových spojů dle stanovených požadavků.

V druhé části práce byly vytvořeny specifikace postupu svařování WPS pro všechny kombinace svarových spojů austenitických ocelí prováděných ve výrobě i na montáži úpravny vody v Kroměříži. Součástí výroby jsou rovněž další nutné operace (zakružování, pasivace), které jsou charakterizovány v praktické části práce.

Výsledky této bakalářské práce jsou v současné době již používány při výstavbě úpravny vody v Kroměříži.



## **Poděkování**

Děkuji tímto Doc. Ing. Ivo Hlavatému Ph.D. za metodickou pomoc a rady, které přispěly ke zdárnému vytvoření této bakalářské práce. Dále děkuji firmě Voding s r.o. za poskytnutí výkresové dokumentace, na které byly svary aplikovány a firmě SOM s r.o. za pomoc při vyhotovení destruktivních a nedestruktivních zkoušek a za odborné rady týkající se metody svařování MAG na svařovacím robotu.

## Seznam použité literatury

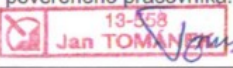
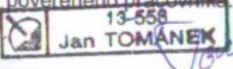
- [1] Koukal, J., Zmydlený, T. *Svařování I*. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2009. ISBN 978-80-248-0870-3.
- [2] Kolektiv autorů. *Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení*. Nakladatelství ZEROSS Ostrava, 1999. ISBN 80-85771-70-5.
- [3] Barták, J., Kovařík, R., Pilous, V. a kol. *Učební texty pro evropské svářečské specialisty, praktiky a inspektory*. Nakladatelství ZEROSS Ostrava, 2002. ISBN 80-85771-97-7.
- [4] Hlavatý, I., *Teorie a technologie svařování*. [online]. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2011 [cit. 2013-05-08]. Dostupné z WWW: <http://homen.vsb.cz/~hla80/2009svarovani/indexs.htm>.
- [5] Koukal, J., Schwarz, D., Hajdík, J. *Materiály a jejich svařitelnost*. VŠB-TU Ostrava, 2009. ISBN 978-80-248-2025-5.
- [6] ESAB: Svařování a pálení Česká republika. [online]. 2013. vyd. [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://products.esab.com/Templates/T094.asp?id=72885>.
- [7] STAPPERT ČESKÁ REPUBLIKA spol s r.o. *Lega - Inox: the nature of steel* [online]. 2012. vyd. [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: [www.stappert.cz](http://www.stappert.cz).
- [8] ČSN EN 12732. *Zásobování plynem – Svařované ocelové potrubí – Funkční požadavky*. Český normalizační institut Praha, 2001.
- [9] INOX, spol. s r.o.: NEREZOVÝ HUTNÍ MATERIÁL [online]. 2009. vyd. [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://www.inoxspol.cz/nerezove-materialy-druhy-vlastnosti-jakosti-inox-rubrika.html>.
- [10] Hrivňák, I. *Zvaritelnost' ocelí*. Nakladatelství Alfa Bratislava, 1979.
- [11] KONSTRUKCE: ODBORNÝ ČASOPIS PRO STAVEBNICTVÍ A STROJÍRENSTVÍ [online]. KONSTRUKCE Media s.r.o., 2002, 2013 [cit. 2013-05-08]. ISSN 1803-8433. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/rubrika/svarovani-a-deleni/>.
- [12] FRONIUS Česká republika s.r.o. [online]. 2006 [cit. 2013-05-08]. Laser. Dostupné z WWW: [http://www.fronius.cz/cps/rde/xchg/SID-326A139F-905BAFCF/fronius.\\_ceska\\_republika/hs.xml/29\\_628.htm](http://www.fronius.cz/cps/rde/xchg/SID-326A139F-905BAFCF/fronius._ceska_republika/hs.xml/29_628.htm).
- [13] Welding.cz: Svařování v České republice. [online]. 10.8. 2012 [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://www.welding.cz/normy/normy.htm>.
- [14] Ptáček, L. a kol. *Nauka o materiálu II*. Nakladatelství CERM Brno, 2002. ISBN 80-7204-130-4.
- [15] Boki: Robotizované systémy. [online]. 2009. vyd. [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://www.boki.cz/produkty/podelne-svarovaci-automaty/>.
- [16] SOM: Strojírny a opravny Milenov. [online]. 2012 [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://www.somsro.cz/>.

## Seznam příloh

<b>Příloha A:</b>	Průkaz odborné kvalifikace
<b>Příloha B:</b>	Certifikát svářeče
<b>Příloha C, C1:</b>	Výsledky destruktivní a nedestruktivní zkoušky
<b>Příloha D:</b>	Výkresová dokumentace – půdorys
<b>Příloha D1:</b>	Výkresová dokumentace – řez C-C
<b>Příloha D2:</b>	Výkresová dokumentace – řez D-D
<b>Příloha E:</b>	Svařovací automat BKM 10x10 T

## Příloha A: Průkaz odborné kvalifikace

 Česká svářečská společnost ANB Hospodářská komora ČR		
<b>Průkaz odborné kvalifikace svářeče</b> Č. ZK. ORG      EVIDENČNÍ ČÍSLO      POŘ. Č. <small>(identifikační číslo vydané ANB)</small>		
13	4 4 0 4 3 0 1	1
PŘÍJMENÍ	MARŠÁLEK	
JMÉNO	Aleš	
DATUM NAROZENÍ	16.2.1987	
MÍSTO NAROZENÍ	Hranice	
ST. PŘÍSLUŠNOST	CZ	
DATUM VYDÁNÍ	13.3.2009	
 Česká svářečská společnost ANB	 razítko zkušební organizace podpis zkušebního orgánu	

část 2	
<b>Zkoušky svářeče dle ČSN EN 287,          ČSN EN ISO 9606, ČSN EN 1418, ČSN EN 13133</b>	
ČSN EN 187-1 141TBW 8S+2D54 H-L045 ss nb	
Číslo osvědčení: Číslo certifikátu: 13/093180	Datum vydání: 5.3.2010
Razítko a podpis pověřeného pracovníka: 	Místo zkoušky: Svářečská škola 13-039 Olomouc ALW INDUSTRY s.r.o.
ČSN EN 187-1 141TBW 8S+2D54 H-L045 ss nb	
Číslo osvědčení: Číslo certifikátu: 13/218819	Datum vydání: 12.3.2012
Razítko a podpis pověřeného pracovníka: 	Místo zkoušky: Svářečská škola 13-039 Olomouc ALW INDUSTRY s.r.o.
ČSN EN	
Číslo osvědčení: Číslo certifikátu:	Datum vydání:
Razítko a podpis pověřeného pracovníka:	Místo zkoušky:

## Příloha B: Certifikát svářeče



ČESKÁ SVÁŘEČSKÁ SPOLEČNOST ANB  
CZECH WELDING SOCIETY ANB  
Veříčkova 4, 160 75 PRAHA 6

Certifikační orgán pro certifikaci personálu ve svařování č. 3032  
Akreditovaný Českým institutem pro akreditaci, o.p.s. podle ČSN EN ISO/IEC 17024



### CERTIFIKÁT SVÁŘEČE

1

2 Označení:

EN 287-1 141 T BW B S t2,0 D54,0 H-L045 ss nb

3 Postup svařování WPS:

53

4 Číslo dotazu:

13/218819

5 Jméno svářeče:

MARŠÁLEK Aleš

6 Průkaz:

4404301

7 Druh průkazu:

Občanský průkaz

8 Datum a místo narození:

16.2.1987, Hranice

9 Zaměstnavatel:

KUNST s.r.o., Hranice

10 Předpis / zkoušební norma:

ČSN EN 287-1

11 Odborné znalosti:

nezkoušen

Zkušební organizace:

DCM - ZO 13, s.r.o. Ostrava

Číslo zkoušky: 13-039/04352



12

Údaje o zkoušce:

Rozsah platnosti:

13 Metoda svařování EN ISO 4063:2009:

141

141, 142

14 Plech nebo trubka:

T

T/P

15 Druh svaru / doplňkový svar:

BW

BW / FW

16 Skupina(y) materiálů:

B

B, 9.2, 9.3, 10

17 Typ příd. materiálu / označení:

S

S, nm

18 Ochranné plyny:

EN ISO 14175: 11

19 Pomocné materiály:

20 Tloušťka zkoušebního kusu (mm):

2,0

2,0 až 4,0

21 Vnější průměr trubky (mm):

54,0

≥ 27,0

22 Poloha svařování:

H-L045

PA, PB, PC, PD, PE, PF, PH, H-L045

23 Ostatní detaily svaru:

ss, nb

ss-nb; mb; bs

24 Další pokyny viz příložený list a/nebo postup svařování

25 Způsob zkoušení	Vykonané	Nepočítávané
26 Vizuální kontrola	X	-
27 Zkouška prodloužení	-	X
28 Magnetická průběhová zkouška	-	X
29 Barevná kapalná zkouška	-	X
30 Zkouška makrostruktury	-	X
31 Zkouška rozlomením	-	X
32 Zkouška ohybem	X	-
33 Doplňkové zkoušky *)	-	X

Datum zkoušky: 9.3.2012

Platné do: 9.3.2014

Den vydání: 12.3.2012

Schválil: Ing. Stanislav Šimčík

Potvrzení platnosti zaměstnavatelem nebo odpovědným dozorem pro dalších 6 měsíců



34 \*) Pokud jsou nutné, uveďte údaje na příloženém listu

35 Prodloužení platnosti certifikátu certifikačním orgánem  
36 na další 2 roky

37 Datum	Podpis	Služební postavení nebo titul

Datum	Podpis	Služební postavení nebo titul
6.4.12		
6.10.2012		
5.4.2013		

## Příloha C: Výsledky destruktivní a nedestruktivní zkoušky

## VÝSLEDKY ZKOUŠEK (1)

**Vizuální prohlídka:**  
**Sichtprüfung:**  
**Visual Examination:**

vyhovující: stupeň B (EN 25817)  
erfüllt  
satisfactory

Zkouška prozářením *)	vyhovující: stupeň B (EN 25817)
Durchstrahlungsprüfung *)	erfüllt
Radiography *)	satisfactory

Penetrační (magnetická) zkouška \*):  
Farbeindring- / Magnetpulverprüfung \*):  
Penetrant / Magnetic Particle Test \*):

vyhovující: stupeň B (EN 25817)  
erfüllt  
satisfactory

Zkouška ultrazvukem \*): ---  
 Ultraschallprüfung \*): ---  
 Ultrasonic Examination \*): ---

## ZKOUŠKA TAHEM - ZUGPRÜFUNG - TENSILE TESTS

Temperatura/ Temperature: RT

Nr. No. N°	Pos. Loc. Pos.	Druh **) Art Sorf **)	Rozměry Abmessungen Dimensions [mm x mm]	Re [N/mm²]	Rp 0,2/1,0 [N/mm²]	Rm [N/mm²]	A [%] na / an / on Lo [mm]: ____	Z [%]	M.poruchy***) Bruchlage Fracture Locat.	Poznámky Bemerkungen Remarks
Požadavky Anforderungen/Requiem				≥	≥	470+630	≥		--	--
T1	PA	TW	5,90x25,2	--	--	609	--	--	SG	
T2	PA	TW	5,90x25,1	--	--	600	--	--	SG	

\*\*) TW = Kolmo ke svaru - Quer zur Naht - Transv. to the Weld  
 AW = Podél svaru - Schweißgutprobe - All-weld Metal

\*\*\*) GW = Základní materiál - Grundwerkstoff - Base Metal  
 WEZ = TOO - WEZ -HAZ  
 SG = Svarový kov - Schweißgut - Weld Metal  
 GWL = Lom mimo Lo - Bruch auß. L0 - Fracture outside L0

**ZKOUŠKA LÁMAVOSTI - BIEGEPRÜFUNG - BEND TEST**

Ohýbací trn - průměr: 4 x t = 24 mm  
Biegedorn-Durchmes./Former Diameter:

Nr. No. N°	Pos. Loc. Pos.	Druh Art **) Sort **)	Tloušť Dicke thickn. [mm]	Úhel/Prodloužení Biegewinkel/-dehnung Bend. angle /Elongation			Poznámka Bemerkung Remark	Nr. No. N°	Pos. Loc. Pos.	Druh Art **) Sort **)	Tloušť Dicke thickn. -	Úhel/Prodloužení Biegewinkel/-dehnung Bend. angle /Elongation			Poznámka Bemerkung Remark
				α	L <sub>0</sub> [mm]	%						α	L <sub>0</sub> [mm]	%	
O1	PA	W	6,0	180	300	-	Vyhovuje								
O2	PA	W	6,0	180	300	-	Vyhovuje								
O3	PA	D	6,0	180	300	-	Vyhovuje								
O4	PA	D	6,0	180	300	-	Vyhovuje								

\*\*) D = Tah - krycí vrstva - Decklage in Zugzone - Face W = Tah - kofen - Wurzel in Zugzone - Root/Back side S = Boční ohyb - Seitenbiegeprobe - Side

## ZKOUŠKA RÁZEM V OHYBU KERBSCHLAG – IMPACT TESTS

Druh: ISO-V  
Art:  
Sort:

Požadavek:  $\geq 27 \text{ J}$   
Anforderung [J]:  
Requirements [J]:

Nř. No. N°	Poloha Position Location	Poloha vrubu Kerblage Notch Location	Rozměr Größe/Size [mm x mm]	Teplota Temp./Temp.. [°C]	Hodnota - Werte - Values [J]			Σn/n [J]	Poznámky Bemerkungen Remarks
					1	2	3		
V1-V3	PA	VWT 2/2	10x5,0	-20	66	88	74	76	
V4-V6	PA	VHT 0/2	10x5,0	-20	84	85	90	86	

# Příloha C 1: Výsledky destruktivní a nedestruktivní zkoušky

## VÝSLEDKY ZKOUŠEK (2) PRÜFERGEBNISSE (2) / TEST RESULTS (2)

### CHEMICKÁ ANALÝZA [%]

CHEMISCHE ANALYSE [%] – CHEMICAL COMPOSITION [%]\*)

GW = Základní materiál – Grundwerkstoff - Base Metal

SG = Svarový kov – Schweißgut – Weld Metal

Nr. No. N°	Druh Art Sort	C	Si	Mn	P	S										

### ZKOUŠKA TVRDOSTI\*)

HÄRTEPRÜFUNG \*) - HARDNESS TEST \*)

Viz příloha č.3

Poloha měření (skica) \*)

Lage der Messungen (Skizze) \*)

Location of Measurements (Sketch) \*)

Art / Last: - Type / Load: - Type / Charge:

Nr. No. N°	Čára měření Meßreihe Measuring Line	Základní materiál Grundwerkstoff Base Metal			TOZ WEZ HAZ			Svarový kov Schweißgut Weld Metal			TOZ WEZ HAZ			Základní materiál Grundwerkstoff Base Metal		
1	1	178	183	177	189	199	186	182	152	162	176	184	187	184	164	171
	2	185	179	172	182	181	168	179	172	173	182	166	173	194	178	174

### ZKOUŠKA STRUKTURY - GEFÜGEUNTERSUCHUNG - TEXTURE EXAMINATION

Příloha:  
Anlage./Annexes/

Nr. No. N°	Poloha Position / Location	Struktura Gefüge /Texture/ Makro Mikro Macro Micro		Hodnocení struktury: vyhovuje Gefügebeurteilung/ Texture Assessment/ snímky : viz příloha 3
SOM/M	PA	x		Bez vad

### JINÉ ZKOUŠKY - SONSTIGE PRÜFUNGEN - OTHER TESTS \*) / POZNÁMKY - BEMERKUNGEN - REMARKS

Zkoušky byly provedeny v akreditované laboratoři VÍTKOVICE TESTING CENTER s.r.o. – P/1990/11; 4419B11:  
VTC.40/11/0536; VTC.40/11/0533

Výsledky zkoušek jsou:

Die Prüfergebnisse sind: /Test Results were:/



vyhovující  
zufriedenstellend/acceptable



nevyhovující  
nicht zufriedenstellend/not acceptable

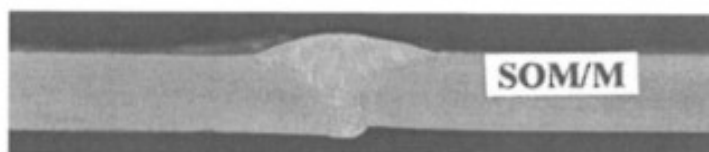
Inspekční  
certifikát číslo:  
Prüf-Nr.:  
Inspection No:

05.311.632

Zakázka číslo:  
Auftrags-Nr.:  
Reference No.:

5401105525

Strana: 4 ze 4  
Seite 4 von 4  
Page of





**Příloha E: Svařovací automat BKM 10x10 T**

